



**Joana Filipa
Coelho Vieira**

**Análise energética e a avaliação do sistema de AVAC
no Montebelo Viseu Congress Hotel**



**Joana Filipa
Coelho Vieira**

**Análise energética e a avaliação do sistema de AVAC no
Montebelo Viseu Congress Hotel**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Nelson Amadeu Dias Martins, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho e todo o meu percurso aos meus pais, sem eles nada seria possível. Agradeço pelo apoio incansável da minha família.

O júri

Presidente

Prof. Doutor Luís António da Cruz Tarelho

Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Arguente

Mestre Miguel da Silva Oliveira

Assistente Convidado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Orientador

Prof. Doutor Nelson Amadeu Dias Martins

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

As primeiras palavras são para o Prof. Doutor Nelson Martins pela partilha de conhecimentos e apoio prestado.

A toda a equipa do Montebelo Viseu Congress Hotel pelo acolhimento e ajuda sempre que necessário, em especial ao Eng.^o Manuel Lopes por todo o apoio, disponibilidade e exemplo a seguir.

À minha família, sobretudo aos meus pais, pela força incansável nos momentos de maior aflição.

A todos, um muito obrigado.

Palavras-Chave

Sector hoteleiro, Simulação Dinâmica, DesignBuilder, Eficiência Energética

Resumo

O consumo energético nos edifícios tem um impacto relevante na emissão de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera, pelo que a eficiência energética do parque edificado é um tema com especial relevo em todas as políticas que visam combater/abrandar a alteração climática em curso. De facto, os edifícios, nomeadamente os grandes edifícios de comércio e serviços, são por norma grandes consumidores de energia, apresentando um grande potencial de racionalização de consumo/emissões de GEE através da implementação de medidas de eficiência energética. De modo a alcançar essa eficiência é necessário, adotar novos métodos de dimensionamento e controlo assim como novas tecnologias de climatização, ventilação, AQS e iluminação para a redução dos consumos, podendo ser introduzidas de forma mais rápida e eficaz se os utilizadores finais estiverem conscientes da necessidade da utilização racional de energia, o que remete para a importância dos comportamentos energéticos dos utilizadores de energia.

No presente estudo foi elaborado um projeto para a redução de consumos numa instalação hoteleira, estando estas entre as cinco primeiras em termos de consumo de energia no setor dos edifícios de serviços e por essa razão com elevado potencial para a poupança energética [1].

Analizou-se o Montebelo Viseu Congress Hotel enquanto sistema energético de modo a identificar e selecionar propostas de eficiência energética com potencial para melhorar, de forma significativa, a situação atual. A caracterização dos consumos assim como o estudo do impacto das medidas de melhoria propostas foi apoiado por simulações dinâmicas do edifício usando a aplicação DesignBuilder®. As propostas podem ser classificadas em duas categorias principais, comportamentos e equipamentos. Os resultados estimados para o conjunto das medidas comportamentais foram de uma redução de consumos e emissões de GEE em 20%, sendo de 21% na fatura energética, com um investimento mínimo. Para o conjunto das medidas associadas a alteração dos equipamentos existentes estimou-se uma redução de 42% no consumo de energia, 40% nas emissões de GEE e 38% na fatura energética, sendo que para tal será necessário um investimento de 174 027€, recuperável em 2 anos. O estudo realizado mostrou que é possível alcançar níveis consideráveis de racionalização energética em edifícios existentes mediante a adoção de pequenas ações, muitas vezes sem qualquer investimento, ou com baixo investimento, cujo somatório se revela significativo. É também demonstrado o potencial das ferramentas de simulação dinâmica de edifícios enquanto ferramenta de apoio aos procedimentos de auditoria energética, seja na desagregação de consumos, seja na quantificação do impacto de medidas de racionalização.

Keywords

Hotel sector, Dinamic simulation, DesignBuilder, Energy Efficiency

Abstract

Energy consumption in buildings has a significant impact on the emission of Greenhouse Gas (GHG) to the atmosphere, so the energy efficiency of the built-up park is a theme with special emphasis in all policies aimed at combating/slowing down climate change. In fact, buildings, notably large commercial and service buildings, are typically large energy consumers, with great potential for rationalizing consumption/GHG emissions through the implementation of efficiency measures. In order to achieve this efficiency, it's necessary to adopt new design and control methods as well new technologies for air conditioning, ventilation, AQS and lighting to reduce consumption, and can be introduced more quickly and efficiently if end users are aware of the rational use of energy, which points to the importance of the energy behaviour of energy users.

In the presented study, a project for the reduction of consumption in a hotel installation was elaborated, being among the first five in terms of energy consumption in the sector of the service buildings and for that reason with high potential for the energy savings [1].

The Montebelo Viseu Congress Hotel was analysed as an energy system in order to identify and select energy efficiency proposals with potential to significantly improve current situation. The consumption characterization as well as the study of the impact of the proposed improvement measures was supported by dynamic building simulations using DesignBuilder® application. The proposals for energy efficiency measures studied can be classified into two main categories, behaviours and equipment. The estimated results for the set of behavioural measures were a reduction of consumption and GHG emissions by 20%, being 21% in the energy bill, with a minimum investment. For all the measures associated with the change of existing equipment a 42% reduction in Energy consumption, 40% in GHG emissions and 38% in the bill was estimated, for which and investment of 174 027€ would be required, recoverable in 2 years. The study showed that it's possible to achieve rationalization in existing buildings by adopting small actions, often without any investment, the sum of which is significant. It's also demonstrated the potential of dynamic building simulation as a tool to support energy auditing procedures, either in the breakdown of consumption or in the quantification of the impact of rationalization measures.

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
1.1.Contextualização.....	1
1.2.Revisão bibliográfica	4
1.2.1.Caracterização dos edifícios	4
1.2.2.Consumo de energia final	7
1.2.3.Consumo de energia no setor hoteleiro	9
1.2.4.Eficiência energética no setor hoteleiro	10
1.2.5.Simulação dinâmica de edifícios.....	12
1.3.Objetivo do Projeto	13
2. Caso de Estudo	15
2.1.Caracterização do edifício	15
2.2.Consumo energético	16
2.3.Central térmica	18
2.3.1.Sistema de aquecimento	18
2.3.2.Sistema de arrefecimento	19
2.4.Sistemas de climatização e ventilação	20
2.5.Medidas de eficiência energética implementadas	21
3. Montebelo Viseu Congress Hotel.....	23
3.1.Clima	23
3.2.Modelação	23
3.3.Zonamento	25
3.4.Taxas de ocupação	26
3.5.Soluções construtivas.....	27
3.6.Iluminação.....	27
3.7.Equipamentos	28
3.8.Estimativa da energia gasta para AQS	29
3.9.Estimativa da energia gasta no aquecimento da água da piscina	30
3.10. Calibração do modelo.....	32
4. Propostas de eficiência energética	35
4.1.Taxa de renovação da água da piscina interior.....	35
4.2.Alteração da temperatura da água da piscina	35
4.3.Alteração de comportamentos	36

4.4.Alteração do horário das UTA's	37
4.5.Conjugação das medidas sem investimento	38
4.6.Tecnologia LED	38
4.7.Colocação de cobertura para a piscina	39
4.8.Redutores de caudal	39
4.9.Colocação de painéis fotovoltaicos.....	40
4.10. Substituição das caldeiras.....	41
4.11. Conjugação das medidas com investimento	42
4.12. Conjugação de todas as medidas	42
5. Resultados e Discussão	43
5.1.Taxa de renovação da água da piscina.....	43
5.2.Alteração da temperatura da água da piscina	45
5.3.Alteração de comportamentos	45
5.4.Alteração do horário das UTA's	49
5.5.Conjugação das medidas sem investimento	50
5.6.Tecnologia LED	51
5.7.Colocação de cobertura para a piscina	52
5.8.Redutores de caudal	54
5.9.Colocação de painéis fotovoltaicos.....	55
5.10. Substituição das caldeiras.....	56
5.11. Conjugação das medidas com investimento	57
5.12. Conjugação de todas as medidas	59
6. Conclusão	61
6.1.Conclusões gerais	61
6.2.Propostas futuras	62
Bibliografia	64
Apêndices	68
Apêndice A – Unidades de tratamento de ar identificadas	68
Apêndice B - Zoneamento do edifício por piso	70
Apêndice C – Taxas de ocupação por espaço	81
Apêndice D – Soluções construtivas	83
Apêndice E - Densidade da iluminação e equipamentos	84
Apêndice F – Aglomeração dos quartos.....	87
Apêndice G – Densidade da iluminação com a tecnologia LED	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo energético de um edifício na fase de construção e na fase operacional.....	3
Figura 2. Modelo de Certificado Energético.	6
Figura 3. Localização do Hotel em estudo.	16
Figura 4. Montebelo Viseu Congress Hotel.....	16
Figura 5. Modelo do Hotel Montebelo antes da simplificação.....	24
Figura 6. Modelo adotado para simulação.	24
Figura 7. Sombreamento no dia 21 de Junho às 6:00h e às 18:00h, respetivamente.....	25
Figura 8. Sombreamento no dia 21 Dezembro às 8:00h e às 16:00h, respetivamente.....	25
Figura 9. Ilustração das eficiências típicas de diferentes caldeiras.	41
Figura 10. Zoneamento do piso -2.	70
Figura 11. Zoneamento do piso -1.	71
Figura 12. Zoneamento do piso 0.	73
Figura 13. Zoneamento do piso 1.	74
Figura 14. Zoneamento do piso 2.	75
Figura 15. Zoneamento do piso 3.	76
Figura 16. Zoneamento do piso 4.	77
Figura 17. Zoneamento do piso 5.	78
Figura 18. Zoneamento do piso 6.	79
Figura 19. Zoneamento da penthouse.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Consumo anual de energia por fonte.....	18
Tabela 2. Características das caldeiras.	18
Tabela 3. Características do chiller principal.	19
Tabela 4. Características dos sistemas split bomba de calor.....	21
Tabela 5. Dados climáticos referentes ao Montebelo Viseu Congress Hotel.....	23
Tabela 6. Estimativa para o consumo de AQS nos quartos.	29
Tabela 7. Estimativa da renovação diária de água da piscina e do jacuzzi.....	32
Tabela 8. Resultados da simulação.....	32
Tabela 9. Emissões de CO ₂ e despesas anuais.	33
Tabela 10. Desagregação dos consumos anuais por utilização final.	34
Tabela 11. Alteração do horário pré-definido das UTA's.	38
Tabela 12. Características das caldeiras equivalentes às atuais.....	42
Tabela 13. Consumo atual e pela alteração da taxa de renovação diária da piscina.	43
Tabela 14. Despesas com a energia atual e pela alteração da taxa de renovação diária da piscina.	44
Tabela 15. Consumo atual e pela alteração da taxa de renovação diária da piscina para 2% em época baixa.	44
Tabela 16. Despesas com a energia atual e alteração da taxa de renovação diária da piscina para 2% em época baixa.....	44
Tabela 17. Consumo atual e pela alteração da temperatura da água da piscina.....	45
Tabela 18. Despesas com a energia atual e com a alteração da temperatura da água da piscina. 45	
Tabela 19. Consumo por utilização final pela alteração do comportamento relativo à climatização das salas.	46
Tabela 20. Consumo atual e pela alteração à climatização das salas e quartos.	46
Tabela 21. Despesas com a energia atual e com a alteração à climatização das salas e quartos... 46	
Tabela 22. Consumo por utilização final pela aglomeração dos quartos.	47
Tabela 23. Consumo atual e pela aglomeração dos quartos.....	47
Tabela 24. Despesas com a energia atual e pela aglomeração dos quartos.	47
Tabela 25. Consumo por utilização final das medidas comportamentais.	48

Tabela 26. Consumo atual e com as medidas comportamentais e emissões resultantes.	48
Tabela 27. Despesas com a energia atual e com as medidas comportamentais.	49
Tabela 28. Consumo por utilização final pela alteração do horário das UTA's.	49
Tabela 29. Consumo atual e pela alteração do horário das UTA's, assim como emissões resultantes.....	49
Tabela 30. Despesas com a energia atual e a proposta da alteração do horário das UTA's.	50
Tabela 31. Consumo por utilização final com a conjugação das medidas sem investimento.	50
Tabela 32. Consumo atual e com a conjugação das medidas sem investimento.....	51
Tabela 33. Despesas com a energia atual e a proposta da conjugação das medidas sem investimento.	51
Tabela 34. Consumos após implementação da tecnologia LED.	51
Tabela 35. Consumo atual e após implementação da tecnologia LED.	52
Tabela 36. Período de retorno da tecnologia LED.	52
Tabela 37. Perdas por evaporação da piscina com a colocação de cobertura.	53
Tabela 38. Consumo atual e pela implementação da cobertura da piscina.....	53
Tabela 39. Período de retorno pela colocação da cobertura da piscina.	53
Tabela 40. Consumos com a colocação de redutores de caudal.	54
Tabela 41. Consumo atual e com a colocação de redutores de caudal, assim como a redução das emissões.....	54
Tabela 42. Período de retorno com a colocação de redutores de caudal.....	55
Tabela 43. Consumo do edifício com a colocação de painéis fotovoltaicos.....	55
Tabela 44. Período de retorno com a colocação de painéis fotovoltaicos.....	55
Tabela 45. Consumo de edifício com a colocação de painéis e as alterações comportamentais. ..	56
Tabela 46. Período de retorno com a colocação de painéis e as alterações comportamentais.	56
Tabela 47. Consumos com a troca das caldeiras.	56
Tabela 48. Consumo do edifício com a troca das caldeiras.	57
Tabela 49. Período de retorno pela alteração das caldeiras.	57
Tabela 50. Consumo das medidas com investimento.	57
Tabela 51. Consumo do edifício com as medidas materiais.....	58
Tabela 52. Período de retorno das medidas materiais.....	58
Tabela 53. Consumos com a conjugação de todas as medidas.	59

Tabela 54. Consumo do edifício com a conjugação de todas as medidas.....	59
Tabela 55. Período de retorno com a conjugação de todas as medidas.	60
Tabela 56. Unidades de tratamento de ar identificadas e respetivo horário.....	68
Tabela 57. Caudais de ar das UTA's identificadas.....	69
Tabela 58. Área das zonas do piso -2.....	70
Tabela 59. Área das zonas do piso -1.....	71
Tabela 60. Área das zonas do piso 0.....	73
Tabela 61. Área das zonas do piso 1.....	74
Tabela 62. Área das zonas do piso 2.....	75
Tabela 63. Área das zonas do piso 3.....	76
Tabela 64. Área das zonas do piso 4.....	77
Tabela 65. Área das zonas do piso 5.....	78
Tabela 66. Área das zonas do piso 6.....	79
Tabela 67. Área das zonas da penthouse.	80
Tabela 68. Soluções construtivas do MVCH com os respetivos coeficientes de transmissão térmica.	83
Tabela 69. Densidade luminosa de cada zona.....	84
Tabela 70. Equipamentos e respetiva densidade, por espaço.	85
Tabela 71. Densidade dos equipamentos a gás da pastelaria e da cozinha.	86
Tabela 72. Média mensal de quartos vendidos.	87
Tabela 73. Distribuição dos quartos vendidos por piso.....	87
Tabela 74. Densidade respetiva de cada espaço a colocar no software.	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Crescimento dos edifícios em Portugal ao longo dos últimos anos.....	4
Gráfico 2. Dependência energética de Portugal desde o ano 1990 a 2015.....	7
Gráfico 3. Consumos de energia final por sector na Europa e em Portugal, respetivamente, no ano 2015.....	8
Gráfico 4. Consumo de energia final no setor de serviços desde o ano 1990 a 2015, na EU-28.	8
Gráfico 5. Consumo de energia final no setor de serviços desde o ano 1990 a 2015, em Portugal.	9
Gráfico 6. Consumo de eletricidade e de gás natural no ano 2016.....	17
Gráfico 7. Taxa de ocupação média mensal do hotel em 2016.....	26
Gráfico 8. Consumos mensais faturados e resultantes da simulação mensal.....	33
Gráfico 9. Perfil de ocupação dos quartos.....	81
Gráfico 10. Perfil de ocupação das salas do piso -1.....	81
Gráfico 11. Perfil ocupação das salas piso 0.	81
Gráfico 12. Perfil ocupação do restaurante em dias úteis.....	82
Gráfico 13. Perfil ocupação do restaurante aos fins-de-semana.....	82

ACRÓNIMOS

AQ	Água Quente
AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
GEE	Gases Efeito Estufa
INE	Instituto Nacional Estatística
MVCH	Montebelo Viseu Congress Hotel
NZEB	<i>nearly Zero Energy Building</i>
PIB	Produto Interno Bruto
RCCTE	Reglamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Reglamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Reglamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
UE	União Europeia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo

1. Introdução

1.1. Contextualização

As alterações climáticas são uma realidade, as temperaturas estão a aumentar, os padrões de precipitação estão a mudar, os glaciares e a neve a derreter, e o nível médio das águas do mar a subir [2]. É muito provável que a maior parte do aquecimento observado desde os meados do século XX se deva ao aumento das concentrações de GEE, resultantes das emissões provocadas pela atividade humana [2]. As principais fontes de GEE resultantes da atividade humana são a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) na produção de eletricidade, nos transportes, na indústria e em utilizações domésticas, a desflorestação, os aterros sanitários e a utilização de gases industriais [2]. Existe um consenso geral no mundo de hoje que a atividade humana está a ter impactos negativos, acelerando o aquecimento global e as mudanças climáticas [3].

É urgente que as emissões de GEE estabilizem desde a data e que até 2050 se registre uma diminuição destas emissões [2]. Por consequência, os países Europeus adotaram programas nacionais destinados a reduzir as emissões. Foram adotadas políticas e medidas na UE como por exemplo, o maior recurso às fontes de energia renovável e melhorias de eficiência em edifícios, indústria e eletrodomésticos [2].

Houve um interesse renovado nos métodos de melhoria da eficiência energética em comparação com alguns anos atrás, quando a energia existia em abundância e era relativamente barata [4]. A escassez dos recursos e as questões ambientais causadas pela atividade humana encorajam os projetistas e formuladores de políticas a encontrar estratégias de poupança de energia para o desenvolvimento sustentável [4]. Com o rápido crescimento da população devido ao elevado desenvolvimento da economia, a procura de energia aumentou substancialmente, resultando num aumento de GEE [4] e [5].

As preocupações com as mudanças climáticas e a necessidade de implementar estratégias de mitigação estão a direcionar para um ambiente de maior eficiência energética [6]. Uma vez que a eficiência é vista como uma política muito importante, a maioria dos países está a investigar formas adequadas de reduzir o consumo de energia [5].

A Europa tem o objetivo de reduzir os GEE, questão que prende especial atenção a nível internacional, com o Protocolo de Quioto e com o Pacote Energia-Clima [7]. O protocolo de Quioto consiste num tratado internacional de compromisso que visa diminuir as emissões de GEE em 80 a 95% nos países desenvolvidos até 2050 em comparação aos níveis de 1990 [7]. O Pacote Energia-Clima consiste em três metas de energia ambiciosas que devem ser cumpridas até 2020 [8] e [9]:

- Redução do uso de energia primária em 20% por aumento da eficiência energética;
- Aumento do consumo de energias renováveis em 20%;
- Redução dos GEE em 20%.

Ao abrigo do Protocolo de Quioto e em conjugação com os compromissos assumidos pela UE, Portugal assumiu também as responsabilidades no controlo das emissões de GEE [10]. Pelos dados fornecidos do Eurostat, Portugal não tem cumprido os objetivos em relação ao valor de 1990 [11].

De modo a atingir os objetivos, é necessário atuar em setores com elevado consumo de energia para facilitar o aumento de utilização de energia proveniente de fontes renováveis e a redução da procura de energia através do aumento da eficiência energética [12].

Os edifícios ocupam um lugar fundamental para as emissões de GEE [13] e por isso são tema principal na política de eficiência energética, devido ao consumo final de energia em cerca de 40% na UE [14]. A fim de atingir esta redução o Parlamento Europeu e o Conselho de União Europeia criaram a Diretiva 2010/31 a fim de reforçar os requisitos de desempenho energético dos edifícios. Esta reformulação obriga a que em 2020 os edifícios novos tenham que ser altamente eficientes e que tenham um balanço energético próximo de zero ou quase nulo, *nZEB* [14]. Um edifício com um balanço energético próximo de zero ou quase nulo, *nZEB*, é definido como um edifício com um desempenho energético muito elevado e as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis [14]. As autoridades públicas que possuem ou ocupem um edifício novo devem dar o exemplo através da construção, compra ou arrendamento dos *nZEB* a partir de 2018 [14].

O desenvolvimento de edifícios de alta eficiência energética constitui um desafio num contexto global devido aos elevados impactos do sector da construção no consumo de energia e no ambiente em todo o mundo [15]. Este objetivo diz respeito aos temas das estratégias de eficiência energética e de poupança como objetivo prioritário das políticas energéticas em todo o mundo [15].

O setor da construção apresenta um grande potencial de poupança através da implementação de medidas de eficiência energética e também através da utilização de energias renováveis produzidas no local [12]. Assim na Europa, mais de 50% do consumo pode ser reduzido, traduzindo-se numa redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂, quase a totalidade do compromisso da EU no âmbito do protocolo de Quioto [16].

Porém, convém realçar que todas as medidas de redução de requisitos energéticos podem ser introduzidos de forma mais rápida e eficaz, se os utilizadores finais estiverem conscientes da necessidade de reduzir a utilização de energia [17].

Os impactes ambientais mais significativos nos edifícios ocorrem na fase operacional devido ao consumo de energia [7]. Esta é uma das principais razões por trás da atenção adicional dada a todos os edifícios para reduzir o seu consumo de energia durante a fase operacional [18].

Pela leitura do gráfico da figura 1, a fase de construção é responsável por 12% do total do consumo energético de um edifício durante o seu ciclo de vida e a fase operacional é onde se verifica o restante e maior consumo energético, cerca de 84% [7].

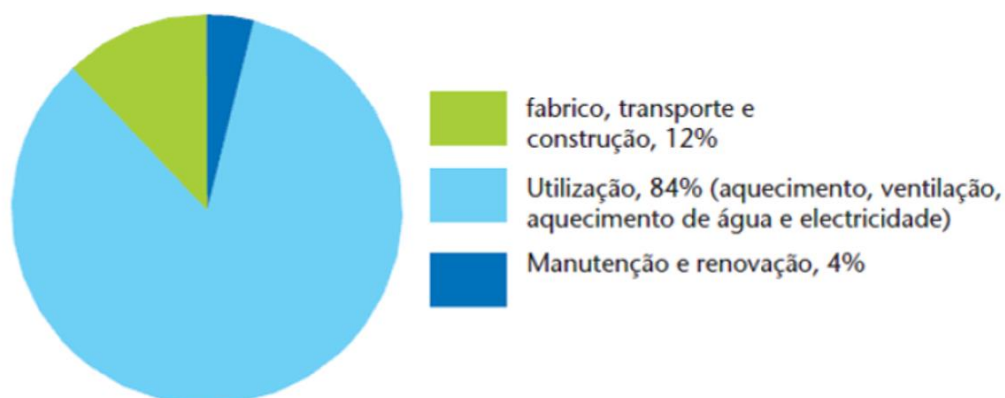


Figura 1. Consumo energético de um edifício na fase de construção e na fase operacional.

Fonte: [7]

1.2. Revisão bibliográfica

1.2.1. Caracterização dos edifícios

O desempenho energético dos edifícios está relacionado com vários parâmetros, como o ano de construção, a dimensão do edifício, o tipo e a idade do sistema de abastecimento e a questão das medidas de poupança de energia já implementadas [19]. Se estas características forem conhecidas para um determinado edifício, será possível rapidamente dar uma estimativa do seu desempenho energético [19]. Porém, o consumo de energia não pode ser obtido simplesmente resumindo o consumo de cada edifício por duas razões [20]. A primeira é devido ao elevado número de edifícios e a segunda pelo conhecimento pobre em relação ao consumo de energia destes edifícios [20]. Implica a que a nível regional e nacional haja uma base estatística para a definição de edifícios típicos, assumindo classes homogêneas [20]. Essas classes são escolhidas tendo em conta as características mais importantes como a tipologia, características térmicas e físicas, instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado, desempenho energético e características climáticas dos locais onde os edifícios estão localizados [20].

De acordo com os censos 2011 do Instituto Nacional de Estatística (INE), Portugal tem 3 544 389 edifícios para 5 878 756 alojamentos. A evolução de edifícios em Portugal ao longo dos últimos anos, de acordo com os censos 2011, tem como representação o gráfico 1. É visível que os anos com maior crescimento são de 1970 até 2011, significa que o parque edificado português é um parque envelhecido [16].

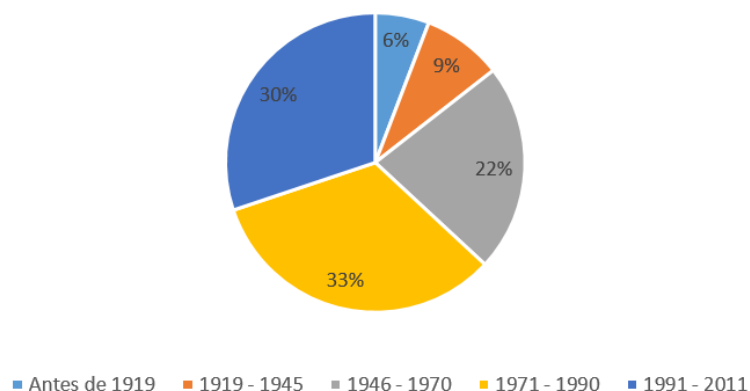


Gráfico 1. Crescimento dos edifícios em Portugal ao longo dos últimos anos.
Fonte: Adaptado de censos 2011, <http://www.ine.pt>

A primeira regulamentação portuguesa relativa ao desempenho térmico de edifícios foi o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que entrou em vigor em 1991 [21]. O RCCTE pretendia impor a melhoria da qualidade térmica das envolventes do edifício como uma estratégia para melhorar o conforto interior sem aumentar o consumo de energia [19]. Desde então, o uso de materiais de isolamento e vidros duplos nas janelas começaram a tornar-se comuns na construção civil [19]. Além da melhoria do isolamento térmico, também promoveu o uso de estratégias eficientes de energia solar [19].

Como grande parte do parque foi construído antes da publicação do RCCTE, o desempenho térmico destes edifícios é inadequado [19]. Portanto são os que apresentam maior necessidade de reparação, sendo também os que apresentam maior potencial a nível de intervenção e reabilitação energética [22]. Este leque de edifícios precisam de conservação, conforto interior e melhor desempenho térmico para atingir as funcionalidades exigidas pelo modo de vida da sociedade moderna [21]. Estudos realizados consideram que a arquitetura histórica pode muitas vezes ser adaptada para atender às exigências modernas sem perder valor patrimonial e que é uma das estratégias importantes para reduzir as emissões de carbono [21]. De acordo com os censos de 2011 do INE, cerca de 29% dos edifícios em Portugal necessita de obras de reparações e cerca de 4% de obras de grandes reparações.

Em 2006 o governo Português assegurou a criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior – SCE, Decreto-Lei nº78/2006 [23], o novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifício – RSECE, Decreto-Lei nº79/2006 e o novo RCCTE, Decreto-Lei 80/2006. O SCE assegura a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios, implementando um sistema de certificação energética de modo a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios aquando da sua construção, arrendamento ou venda, impondo também que o sistema de certificação abranja todos os grandes edifícios públicos e dos edifícios frequentemente visitados pelo público [24]. O RSECE procurava introduzir algumas medidas de racionalização, fixando limites à potência máxima dos sistemas a instalar, contribuindo para a eficiência energética [25]. Exigia também a adoção de algumas medidas de racionalização energética, em função da dimensão dos sistemas [25].

Em 2013 foi feita uma revisão na legislação nacional, que visa melhorar a sistematização e âmbito de aplicação ao incluir, num único diploma, o SCE, o regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) [26]. A revisão da legislação envolve alterações a vários

níveis, em primeiro lugar, as modificações estruturais e de sistematização, pela aglutinação, num só diploma, de uma matéria anteriormente regulada em três diplomas distintos [26]. Em segundo lugar, a separação do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando a incidir, sobre os edifícios de habitação e o último sobre os de comércio e serviços, que facilita o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao mesmo tempo que reconhece as especificidades técnicas de cada tipo de edifício naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético [26].

A certificação energética foi introduzida por etapas, a partir de 2007, para todos os novos edifícios residenciais e não residenciais com piso superior a 1000 m² [23]. Em 2008, iniciou-se a segunda etapa, incluindo todos os edifícios novos e a fase final iniciou-se em 2009, incluindo todos os edifícios existentes quando vendidos ou alugados [23]. Os principais objetivos da certificação energética são melhorar a eficiência energética dos edifícios, definir requisitos de conforto térmico e de higiene dos espaços interiores de acordo com a sua utilização e garantir uma boa qualidade do ar interior [24]. A certificação fornece um sistema de classes, desde a alta eficiência energética (A⁺) até à baixa eficiência (F) [23], figura 2.

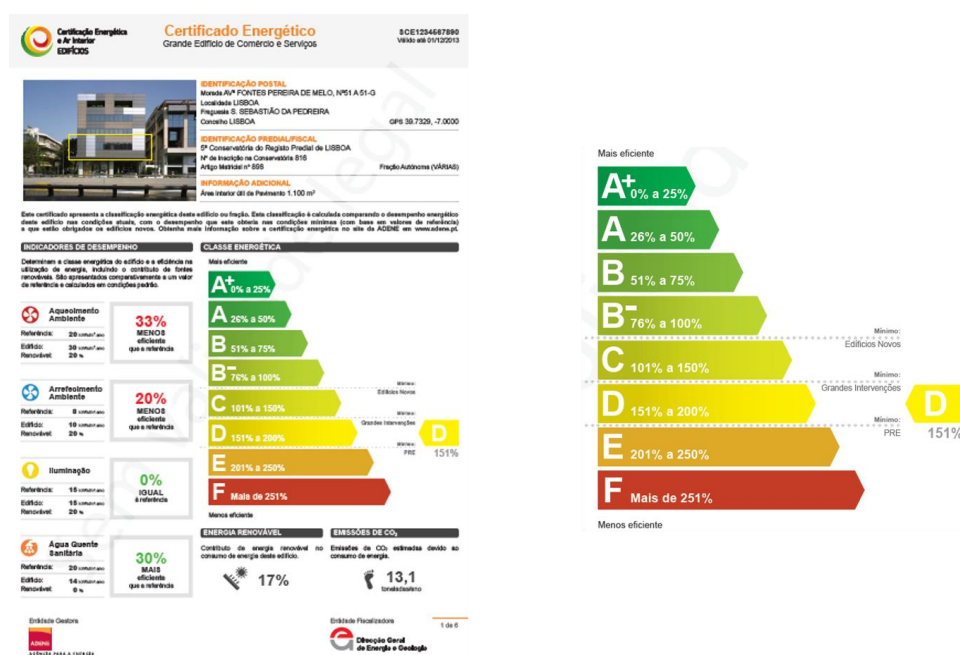


Figura 2. Modelo de Certificado Energético.
Fonte: ADENE, 2013.

Segundo a ADENE, os edifícios novos, as classes energéticas variam entre A⁺ e B⁻, sendo esta o limiar inferior a que estes edifícios estão sujeitos. Já os edifícios com necessidade de grandes

intervenções têm um limiar inferior a C e os edifícios existentes poderão apresentar qualquer classe.

Nos edifícios existentes, o certificado energético faculta a informação acerca das medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior, com viabilidade económica, que o proprietário poderá implementar para reduzir as suas despesas energéticas, bem como assegurar uma boa qualidade do ar interior, isento de riscos para a saúde pública e potenciador do conforto e da produtividade [24].

1.2.2. Consumo de energia final

Devido à escassez dos recursos fósseis (combustíveis sólidos, petróleo e gás natural), a Europa tem uma dependência energética muito alta do exterior, cerca de 54,1% de energia primária foi importada no ano de 2015, [27]. Também Portugal tem uma elevada dependência energética do exterior e no mesmo ano, cerca de 77,4% de energia primária foi importada [27], gráfico 2.

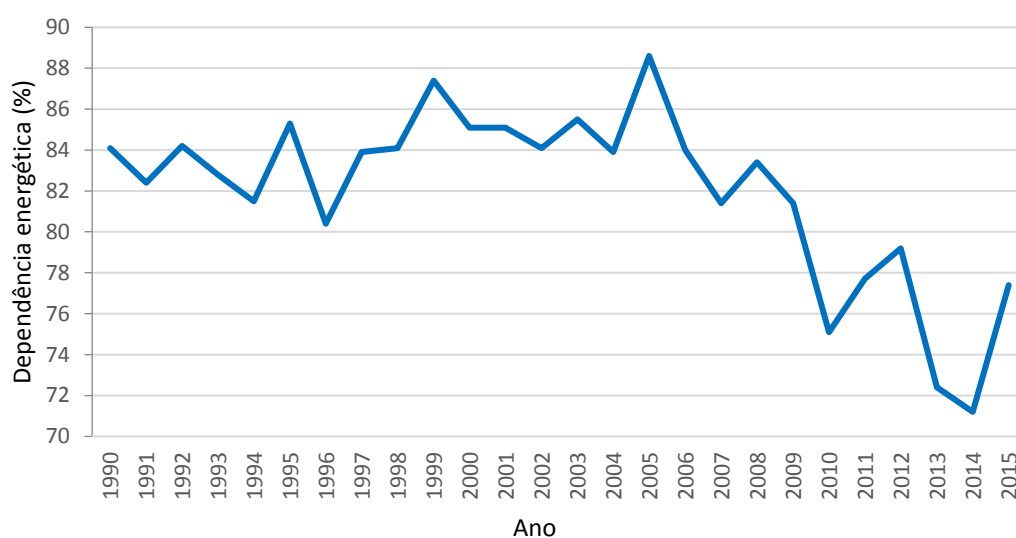


Gráfico 2. Dependência energética de Portugal desde o ano 1990 a 2015.

Fonte: [27]

Apesar da dependência energética ser alta, desde 2005 tem vindo a cair, ano que ficou marcado pelo reforço das políticas de incentivo às energias renováveis [28]. As energias renováveis além de apresentarem impactos positivos, a nível social e ambiental, acentuam a tendência de descida da dependência energética, refletindo-se o peso crescente que estas têm na matriz energética do país [28]. Portugal tem vindo a crescer no que toca ao consumo de energias renováveis e no ano de 2015 o consumo final de energias renováveis foi cerca de 28%, [29].

Existem 4 setores principais que consomem energia, são eles o setor dos transportes, a indústria, o sector residencial e ainda o sector de serviços [5]. Do consumo de energia final na UE-28 no setor dos edifícios do ano de 2015, cerca de 25% diz respeito aos edifícios residenciais e cerca de 14% aos de serviços [30]. Em Portugal o consumo final de energia dos edifícios representa menos de 30%, face às menores necessidades de arrefecimento e de aquecimento [16], cerca de 16% faz parte dos edifícios residenciais e 12% aos edifícios de serviços, gráfico 3 [30].

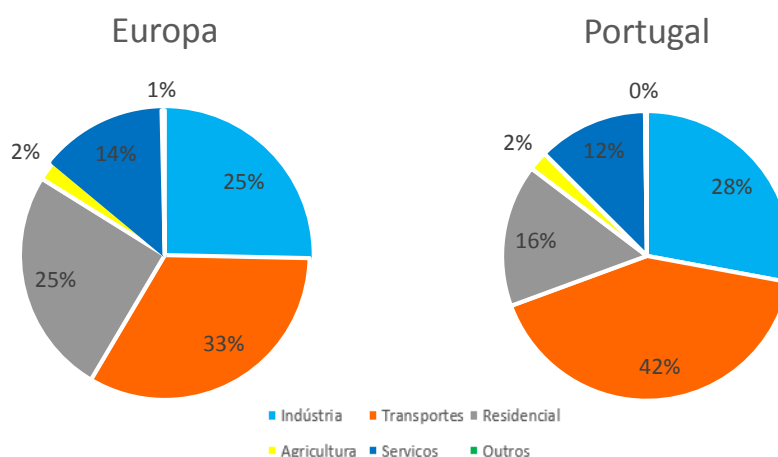


Gráfico 3. Consumos de energia final por sector na Europa e em Portugal, respetivamente, no ano 2015.
Fonte: Adaptado de [30]

Em 2015, na UE-28 o consumo de energia final no setor de serviços foi de 147 234 tep, cerca de 14% em relação aos principais consumidores de energia, como referido. Pelos dados fornecidos do Eurostat, este consumo está em crescimento, gráfico 4, atingindo um máximo em 2010 de 157 855 tep. É o setor com maior crescimento dos últimos anos.

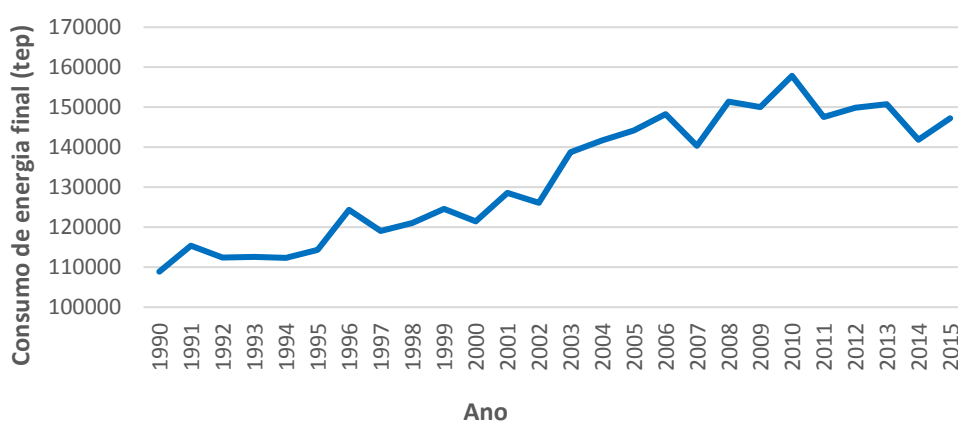


Gráfico 4. Consumo de energia final no setor de serviços desde o ano 1990 a 2015, na UE-28.
Fonte: Adaptado de [31]

No mesmo ano, em Portugal o consumo de energia final foi de 1 960 tep. Apresentando também um aumento no consumo desde 1990 até 2015, em que o máximo de que há registo foi de 2 195 tep relativo ao ano de 2010, gráfico 5.

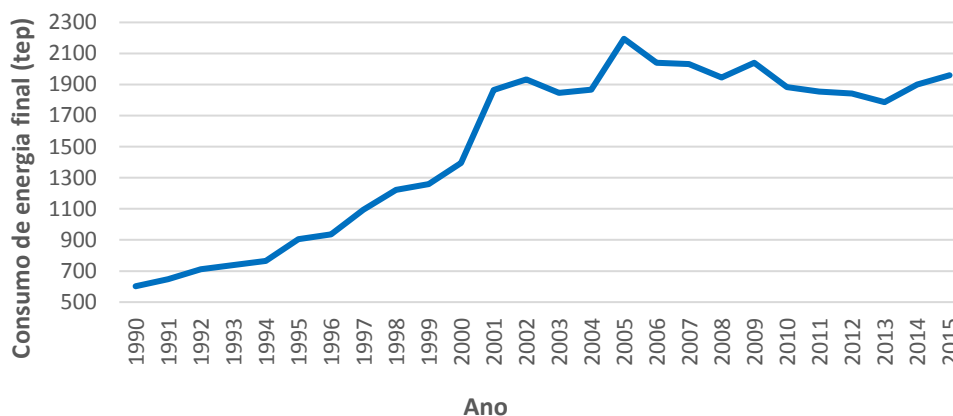


Gráfico 5. Consumo de energia final no setor de serviços desde o ano 1990 a 2015, em Portugal.

Fonte: Adaptado de [31]

1.2.3. Consumo de energia no setor hoteleiro

O setor do turismo tem um importante efeito económico e regional em qualquer país [32], é um dos principais motores da economia portuguesa, representando uma fatia superior a 9% do PIB e mais de 8% do emprego direto [33]. Sendo uma atividade que nos últimos anos tem assistido a um crescimento notável, é importante o desenvolvimento de estratégias para a redução da componente energética [33].

O setor do turismo divide-se em hotéis, pensões, estalagens, pousadas, motéis, hotéis apartamentos, aldeamentos turísticos e apartamentos turísticos [34]. Para efeitos de estudo do presente trabalho o foco está nas instalações hoteleiras. Estas instalações estão entre as cinco primeiras em termos de consumo de energia no setor dos serviços [1]. Acredita-se que uma quantidade de energia utilizada neste sector é desperdiçada, deixando espaço para aumentar a eficiência energética [1].

O consumo de energia no setor hoteleiro depende de três tipos de fatores [35]:

1. Das necessidades de energia útil final, função das características do próprio edifício, como arquitetura, a tipologia, a envolvente e localização, dependendo das estrelas do hotel, da exigência de qualidade das instalações de funcionamento.

2. Da eficiência energética dos equipamentos utilizados nos diferentes espaços.
3. Do comportamento dos diferentes utilizadores da unidade hoteleira, funcionários e clientes, da sua sensibilização, educação ambiental e energética.

O potencial de poupança de energia de um hotel é significativo, especialmente quando grande parte do consumo de energia é devido à perda e desperdício desnecessário de energia [36]. É uma prática frequente nos hotéis ser dado aos hóspedes o controlo total sobre as configurações do termostato e unidades de ar condicionado individual, deixando ao critério de cada um a preocupação com a conservação de energia [36]. Muitas vezes, as janelas e portas são abertas simultaneamente com a operação do sistema de arrefecimento ou de aquecimento [36]. Verifica-se ainda que muitos quartos alugados permanecem desocupados por longos períodos de tempo, cerca de 60 a 65% do dia, permanecendo os sistemas de climatização em execução ou em modo *stand-by* [36].

O estudo de [33] teve como base dez casos de estudo reais em hotéis de quatro e cinco estrelas, chegando a um consumo médio de energia total em hotéis de cinco estrelas de 195 kWh/m².ano, cerca de 66.20 kWh/cliente.ano e em hotéis de quatro estrelas o consumo final de energia total foi mais baixo, 139 kWh/m².ano e de 28.33 kWh/cliente.ano. Relativamente ao consumo de água, cerca 0.42 m³/quarto.ano e 0.27 m³/cliente.ano diz respeito aos hotéis de cinco estrelas, já nos hotéis com quatro estrelas o mesmo consumo é de 0.86 m³/quarto.ano e de 0.15 m³/cliente.ano.

Os hotéis consomem diferentes tipos de energia, mas a eletricidade responde pela maior parte dos consumos [37], representando 60 a 70% dos custos do hotel [38]. A eletricidade é consumida para alimentar sistemas para aquecimento, ventilação, ar condicionado (AVAC), iluminação, bombeamento, elevadores, máquinas de aquecimento de água [37].

1.2.4. Eficiência energética no setor hoteleiro

A eficiência energética dos edifícios hoteleiros está dependente de vários fatores, desde as características de construção, pela utilização de fontes naturais de ventilação, o aproveitamento da radiação solar, até às tecnologias utilizadas para aquecimento, arrefecimento e AQS [36]. Ainda *Önüt* e *Soner* afirmam que numa instalação hoteleira a eficiência energética pode ser alcançada através da redução da dependência energética do exterior, utilizando produtos de alta eficiência e melhorando as práticas de operação e manutenção [32].

Algumas medidas de como atingir a eficiência energética no setor hoteleiro estão detalhadas nos parágrafos seguintes.

A iluminação representa cerca de 15 a 25% do consumo elétrico e está em visível mudança, pela troca das lâmpadas tradicionais incandescentes e fluorescentes para a tecnologia LED [38]. Com a aplicação desta nova tecnologia é possível ter uma poupança de energia entre 30 a 50% de eletricidade consumida [36]. Outra forma de poupar energia é a instalação de sensores em espaços que não estejam permanentemente a ser ocupados, como corredores e casas de banho públicas, acendendo apenas quando é detetada a presença de hóspedes e mesmo de funcionários [36].

Os sistemas AVAC representam 20 a 50% dos custos de energia do hotel, o potencial para melhorar a eficiência energética é na maioria dos casos muito elevada [38]. A utilização de extratores, reutilização de ar quente e sistemas automáticos eficientes auxiliam no processo de arrefecimento, aquecimento ou renovação de ar ambiente, maximizando as potencialidades dos equipamentos, com diminuição de consumos energéticos [38].

As características de construção principais que se devem ter em conta são a inércia térmica e o isolamento [36]. A inércia térmica é uma propriedade dos materiais pesados e densos como os tijolos maciços, uma fachada com uma estrutura deste tipo tem uma elevada capacidade térmica, contrariando os extremos climáticos [36]. O isolamento térmico evita as transferências de calor por condução entre o interior e o exterior do edifício, mantendo uma temperatura confortável no seu interior [36].

Medidas de controlo geral também podem ser adotadas, como durante a época baixa deve optar-se por colocar os quartos ocupados próximos para que possam ser desligados os sistemas de climatização dos locais não ocupados, nos quartos que não estão ocupados devem ser fechadas as cortinas para evitar perdas de calor ou frio [38].

Na lavandaria as máquinas de lavar eficientes utilizam menos 20 a 66% de água face aos modelos convencionais e além da diminuição do consumo de água, o consumo de energia também pode ser reduzido até 50%.

A utilização de energias renováveis para alguns consumos energéticos podem ser reduzidos recorrendo a fontes de energia renovável, como a utilização de painéis solares para sistemas AQS, painéis fotovoltaicos para produção de eletricidade e ainda utilizar a biomassa nos sistemas de aquecimento ambiente [36].

Os redutores de caudal são um dispositivo simples e de fácil aplicação, que regulam o fluxo de água, conseguindo-se poupanças de água até 40% [38]. Os autoclismos de baixo fluxo funcionam com uma pequena quantidade água [38].

Ainda devem ser adotadas medidas com boas práticas comportamentais, aplicáveis aos clientes e funcionários do hotel, nesse sentido é essencial realizar campanhas de formação, com a eleição de um funcionário líder para as atividades ecológicas [38].

1.2.5. Simulação dinâmica de edifícios

A análise computacional permite uma avaliação mais precisa e rápida das alternativas de construção de edifícios, pelo que os investigadores incentivam a utilização de ferramentas de simulação ao longo de todo o processo de desenvolvimento de edifícios [39].

A simulação dinâmica é um método de análise do desempenho energético que permite avaliar, de uma forma quantitativa, os potenciais consumos de energia do edifício e dos seus sistemas para determinadas condições de utilização [24]. Ainda permite uma análise multizona do desempenho energético do edifício, isto é, permite que sejam consideradas e simuladas simultaneamente múltiplas zonas do edifício [24].

Pode-se determinar aspetos como as necessidades de aquecimento e arrefecimento de um edifício, os ganhos internos e perdas pela envolvente [24]. Desta forma a simulação dinâmica é uma ferramenta importante para o ensaio de diferentes soluções de projeto e de alternativas na operação e gestão do funcionamento de edifícios [24].

Modelos de simulação de desempenho de edifícios tipicamente requerem informações de entrada como o clima, a geometria, a construção e dos sistemas [40].

Existem variados programas para simulação dinâmica, mas o programa utilizado no presente projeto é o *DesignBuilder* pela familiarização. O *software* possui uma plataforma de modelação de edifícios em 3D de fácil e rápida utilização, ainda tem uma grande diversidade de dados relativos a materiais de construção, elementos da envolvente, ganhos internos (ocupação, iluminação e equipamentos) e sistemas de climatização [24].

Este ainda oferece uma quantidade imensa de bibliotecas com predefinições que facilitam a implementação de dados no programa [41]. Vão desde dados exteriores do edifício como dados climatéricos até aos horários de utilização de diversos tipos de zona [41].

A implementação de dados do edifício em geral ou de zona em zona é feita através de cinco separadores [41]. Sendo eles o separador *activity* com dados referentes ao tipo de atividade realizada em determinada zona, neste primeiro separador pode-se criar um *template*, por exemplo para um quarto e todas as zonas com a mesma informação relativa ao quarto têm o mesmo *template*. Este separador contém informação sobre o horário e densidade de ocupação, consumo de AQS, as temperaturas de aquecimento e arrefecimento, quantidade de ar novo insuflado. Os restantes separadores como o *construction*, *openings*, *lighting* e *HVAC* têm como informação de entrada os materiais e soluções construtivas, tipo de envidraçado e portas, o tipo e densidade de iluminação e dados sobre os equipamentos de climatização, aquecimento de AQS e ventilação.

Os resultados são apresentados através de gráficos ou tabelas, sendo possível a escolha do tipo de informação e permitem prever um comportamento energético e estudar potenciais medidas para melhor desempenho energético [41]. A simulação dinâmica é de grande utilidade, no entanto, preconiza uma análise complexa ao edifício e requer tempo para a recolha de informação das características da envolvente do edifício, consumos, necessidades de operação, perfis de utilização, atividades e serviços [42].

1.3. Objetivo do Projeto

O objetivo deste projeto consistiu na proposta justificada de medidas de eficiência energética para Montebelo Viseu Congress Hotel, de forma a contribuir para a diminuição de emissões de CO₂, poupança do consumo energético e a consequente redução de custos.

O capítulo um diz respeito à introdução, fazendo um enquadramento do estudo no setor dos edifícios e ainda uma revisão bibliográfica dos consumos de energia no setor hoteleiro. Este é subdividido em 5 partes de modo a entender o estado da arte desta temática.

No capítulo dois é feita uma descrição sucinta do edifício em estudo. Está subdividido em 4 subcapítulos, onde está feita a descrição sucinta do edifício.

No capítulo três está a descrição de todos os dados necessários para a modelação do edifício. Está dividido em 10 subcapítulos com uma descrição do clima, da modelação realizada, do zoneamento, das taxas de ocupação, das soluções construtivas, a iluminação e equipamentos existentes, e a estimativa da energia gasta para as AQS e para a água quente da piscina interior e jacuzzi. Todos estes dados sempre que possível foram levantados no local.

No capítulo quatro são apresentadas as propostas de eficiência energética. Feito o levantamento de todos os dados necessários, estando o edifício modelado e calibrado, é nesta fase que são avaliadas as medidas de melhoria, adotando metodologias adequadas para verificar o seu potencial de racionalização energética, as oportunidades de aproveitamento de energias renováveis e de sensibilização dos funcionários e clientes para o não desperdício de energia (comportamentos). O capítulo está dividido em 10 subcapítulos cada um dedicado a cada uma das principais medidas identificadas, que vão desde a alteração da taxa de renovação da água da piscina à alteração de comportamentos, passando pela instalação de painéis fotovoltaicos para consumo próprio.

No capítulo cinco são apresentados os resultados das propostas de melhoria descritas no capítulo anterior. Neste capítulo é feito a demonstração das reduções em termos de consumo, custo e ainda as emissões de CO₂. Quando as propostas envolvem necessidade de investimento, é também avaliado o desempenho económico, apresentando-se o respetivo período de retorno.

No sexto e último capítulo estão apresentadas as principais conclusões.

2. Caso de Estudo

2.1. Caracterização do edifício

O edifício em análise neste projeto é o *Montebelo Viseu Congress Hotel* (MVCH), que é uma das principais unidades da Visabeira Turismo em Viseu. O hotel tem a categoria de cinco estrelas e está localizado na Rua Monte Belo, Quinta do Bosque, Freguesia Coração de Jesus, 3510-014 Concelho de Viseu, a uma altitude aproximada de 460 metros. O edifício está em funcionamento desde 1996, sofrendo obras de remodelação e de ampliação no ano 2003 e mais tarde no ano 2005.

Tratando-se de um edifício de serviços do setor hoteleiro o período de funcionamento é de 24 horas por dia e 365 dias por ano.

O hotel tem 13 408,5 m² de área útil, com um pé direito de dois metros e setenta em todos os pisos dos quartos, sendo o valor alterado nos pisos 0, -1 e -2 que se eleva a três metros, dos quais 3937,6 m² correspondem a espaços complementares não climatizados.

O edifício está dividido em 172 quartos e uma *penthouse*, espaços comuns, com 11 salas equipadas para a realização de reuniões, banquetes e outros eventos, esta unidade reúne condições únicas que a distinguem no panorama hoteleiro nacional. Está orientado a sudeste e a composição dos pisos é descrita nos parágrafos seguintes.

No piso -2 localiza-se a garagem, zonas técnicas (localização das caldeiras e UTA's), arrumos, balneários de homens e mulheres, e circulações.

No piso -1 localiza-se a piscina interior, SPA, seis salas de conferências, sala de estar, bar *coffee break*, refeitório de pessoal, instalações sanitárias, circulações, arrumos e zonas técnicas de apoio aos funcionários que tratam da manutenção do hotel.

O piso 0 é constituído pelo *hall* principal, pela receção, por zonas administrativas, pelo *lobby bar*, por salas de estar, pela cozinha e restaurante, circulações e instalações sanitárias.

Nos restantes pisos localizam-se 154 quartos, 16 *suites* com instalações sanitárias e ainda 2 *suites* com jacuzzi (*suite* presidencial e nupcial), uma *penthouse*, duas zonas de estar, serviço de

quartos (ofício), circulações e arrumos. O piso 6 é constituído por 5 quartos e uma *penthouse* duplex. Na figura 3 encontra-se a localização do edifício e na figura 4 o lado Oeste.



Figura 3. Localização do Hotel em estudo.

Fonte: Google maps, 2017.

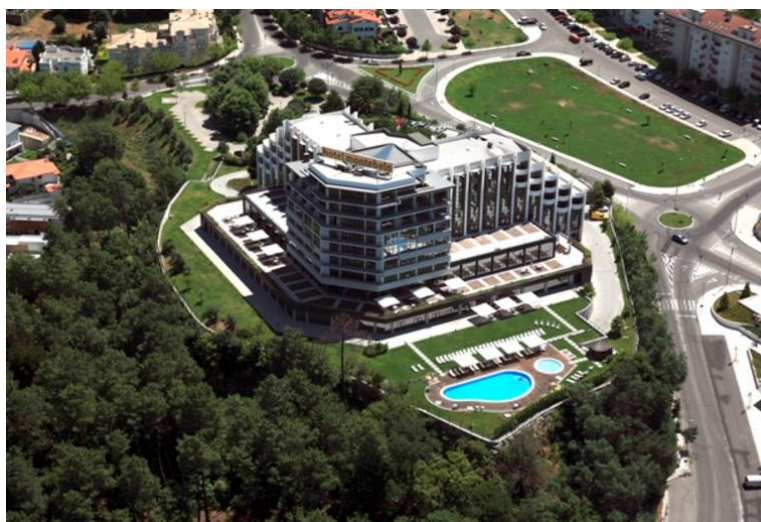


Figura 4. Montebelo Viseu Congress Hotel.

Fonte: Montebelo, 2016.

2.2. Consumo energético

O hotel recorre a duas formas de energia para o seu funcionamento, são elas o gás natural (fornecido pela Galp Gás Natural) e a eletricidade (fornecida pela Galp Power S.A.). O gás natural é utilizado na cozinha e caldeiras (AQS e climatização). A eletricidade é utilizada na alimentação da

iluminação, equipamentos AVAC (*chiller's*, UTA's, bombas de circulação, elevadores, equipamentos de cozinha) e equipamentos internos (escritório, informática, entre outros).

No ano 2013 os valores de consumo foram, em termos de energia primária (tep), cerca de 61,7% de eletricidade e 38,3% de gás natural. Em termos de energia final (GJ), a eletricidade representou 39,2% e o gás natural 60,8%. No ano 2016, o consumo de gás natural aumentou, mas quanto ao consumo de eletricidade diminuiu 3,2%.

O consumo mensal de eletricidade e de gás estão detalhados no gráfico 6. O consumo de eletricidade é maior nos meses de verão devido à necessidade de arrefecimento ambiente a partir dos sistemas de climatização. Este consumo aumenta com a taxa de ocupação do hotel, que nos meses de verão também é maior. Quanto ao consumo de gás natural, ao contrário da eletricidade, tem um maior consumo nos meses de inverno, aumento explicado pelas maiores necessidades de aquecimento ambiente.

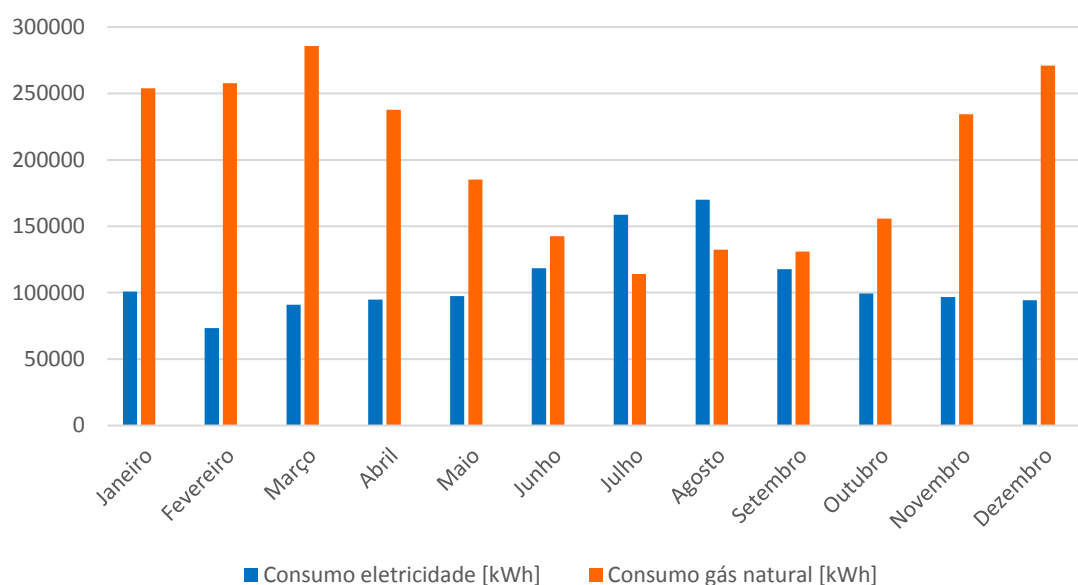


Gráfico 6. Consumo de eletricidade e de gás natural no ano 2016.

É de notar que o consumo do gás natural é maior (tabela 1), mas em termos de custo é menor que o da eletricidade, devido à diferença de preço entre a eletricidade e o gás natural.

Tabela 1. Consumo anual de energia por fonte.

Tipo de Energia	Consumo 2016 [MWh]	%	€	%	Emissões CO ₂ [ton]	Custo kWh [€/kWh]
Eletricidade	1 312,72	35	135 014,89	60	472,58	0,103
Gás Natural	2 401,63	65	87 997,41	40	485,13	0,037
TOTAL			223 012,30		957,71	

2.3. Central térmica

O Montebelo Viseu Congress Hotel necessita de conforto térmico e de água quente sanitária, tanto para utilização dos clientes como dos colaboradores.

Para satisfazer essas necessidades precisa de um sistema de aquecimento, assegurado por caldeiras a gás natural, e de um sistema de arrefecimento, assegurado por *chiller's*. A central térmica em conjunto com o sistema de AVAC assegura a climatização do edifício.

2.3.1. Sistema de aquecimento

A produção térmica para aquecimento é assegurada por três caldeiras a gás natural que se encontram no piso -2. As caldeiras servem a preparação de água quente sanitária, o aquecimento da água da piscina e ainda para aquecimento ambiente, não funcionando todas ao mesmo tempo. As caldeiras têm as características que se encontram na tabela 2.

Tabela 2. Características das caldeiras.

Marca	Roca
Modelo	CPA 500
Queimador	Tecno 70 GM
Potência aquecimento [kW]	1744,2
Rendimento [%]	91
Tensão [V]	400
Pressão máxima [Bar]	5
Combustível	Gás natural

As caldeiras têm como função o aquecimento da água do circuito primário a uma temperatura de 60°C. A água aquecida nas caldeiras é conduzida para um coletor a partir do qual é feita a sua distribuição por forma aquecer a água dos diferentes sistemas secundários que servem,

as unidades de tratamento de ar, unidades de tratamento de ar novo, ventiloconvetores e três depósitos de água quente com capacidade de 2500 litros cada.

Para o circuito de água quente existem três bombas circuladoras que ligam cada uma das três caldeiras ao coletor de distribuição de água quente, sendo cada uma das bombas circuladoras da marca Grundfos, modelo LM 50-200 com uma potência de 1.5 kW.

2.3.2. Sistema de arrefecimento

A produção térmica para arrefecimento é assegurada por dois *chiller's* que se encontram no exterior do edifício. O sistema de arrefecimento é composto por um *chiller* principal do tipo ar-água e assegura a produção de água fria a uma temperatura de 7°C. As características do chiller principal encontram-se na tabela 3.

Tabela 3. Características do chiller principal.

Marca	Carrier
Modelo	30GK-10-0300
Número de Compressores	4
Potência refrigeração [kW]	325
Tensão [V]	360-440
Temperatura água saída do evaporador [°C]	7
Temperatura água entrada do evaporador [°C]	12
Caudal de água do evaporador [l/s]	8,5

O arrefecimento da água é efetuado nos evaporadores do ciclo frigorífico de compressão de cada um dos *chiller's* que utilizam fluído frigorígeno R22. O compressor dos ciclos frigoríficos são acionados por energia elétrica e o condensador são arrefecidos a ar.

Este sistema, assim como o de aquecimento, tem como função distribuir água refrigerada aos equipamentos secundários como as unidades de tratamento de ar, unidades de tratamento de ar novo e ventiloconvetores.

Este sistema de arrefecimento tem um circuito principal fechado, por onde circula a água e alimenta todo o hotel, com auxílio de bombas de circulação.

Para o circuito de água refrigerada existem duas bombas que ligam a cada um dos *chiller's* ao coletor de distribuição de água refrigerada, sendo cada uma das bombas circuladoras da marca Grundfos, modelo LP-80-125/124 com uma potência de 2,2kW.

2.4. Sistemas de climatização e ventilação

O edifício em estudo beneficia de um sistema AVAC que permite garantir as condições de conforto durante todo o ano. No hotel, a temperatura de conforto para aquecimento é de 21°C e para arrefecimento é de 25°C.

O edifício dispõe de vários sistemas mecânicos para ventilação dos espaços, nomeadamente unidades de tratamento de ar e ventiladores de extração. Na tabela 56 do apêndice A resumem-se as UTA's identificadas e o respetivo local a climatizar e ventilar, assim como o horário de funcionamento. Na tabela 57 do mesmo apêndice encontram-se os caudais de ar a insuflar e de ar novo em cada zona.

As UTAN destinadas à climatização dos quartos encontram-se paradas, sendo estes espaços climatizados pelos ventiloconvetores horizontais que estão inseridos em teto falso.

As UTA's podem ser programadas de forma manual ou automática com um horário predefinido. Os espaços climatizados diariamente estão programados com um horário, enquanto espaços como as salas de conferência são ligadas de forma manual consoante a ocupação e normalmente 4 horas antes de serem ocupadas.

Foram ainda localizados quatro ventiloconvetores verticais na zona de circulação do piso 1 e ventiloconvetores de cassette na sala destinada aos tratamentos de estética (o SPA), gabinete do diretor e na sala Santa Lúzia.

Existem ainda três sistemas do tipo split bomba de calor, da marca Clima Roca York, modelo AHO-204-BG-38. Estes sistemas servem a sala Santiago, a sala Cabeço de neve e Caramulinho. A piscina é assegurada por um desumidificador da marca Beutot com bomba de calor integrada. As características desses equipamentos estão descritos na tabela 4.

Tabela 4. Características dos sistemas split bomba de calor.

Zona	Função	Potência [kW]	Coefficiente de Desempenho
Sala Santiago	Aquecimento	23	2,74
	Arrefecimento	22	2,62
Sala Cabeço de neve e Caramulinho	Aquecimento	29	2,12
	Arrefecimento	28,5	2,08
Piscina	Arrefecimento (desumidificação)	50	2,25

O hotel não possui qualquer sistema de gestão centralizada, o controlo e gestão técnica são feitos essencialmente de modo manual em função das necessidades. Os sistemas de gestão técnica podem concretizar objetivos como a otimização do funcionamento dos equipamentos e da monitorização e manutenção adequados ao longo do tempo.

2.5. Medidas de eficiência energética implementadas

O hotel já implementou algumas medidas de eficiência energética devido à preocupação com a sustentabilidade e com a redução de consumos, e principalmente de custos.

Em algumas zonas já está adotada a tecnologia LED e em alguns espaços a iluminação já se encontra ligada a metade. Nas casas de banho comuns para os hóspedes já estão instalados sensores e futuramente pensam colocar nos balneários do pessoal e nos corredores de serviço.

Quanto a medidas de controlo, a aglomeração dos quartos de modo às alas desocupadas serem encerradas e desligadas já foi pensada, embora não seja aplicada constantemente. Porque nem sempre os quartos estão limpos e inspecionados para venda.

Existem também mensagens de sensibilização coladas em todos os quartos de forma aos hóspedes utilizarem a energia de forma racional. Esta mensagem encontra-se à entrada do quarto na zona de colocação do cartão de maneira a ligar/desligar a energia do quarto. Outra mensagem é relativa ao uso da sauna e do banho turco, estando estes equipamentos desligados e caso algum cliente o quiser usar deve informar a receção 10 min antes de modo a ligar o equipamento. Ainda os funcionários são sensibilizados para a utilização racional de energia.

3. Montebelo Viseu Congress Hotel

No capítulo presente serão apresentados e descritos todos os parâmetros usados para a modelação e simulação do hotel. Serão ainda apresentados os principais resultados da simulação.

3.1. Clima

O desempenho dos sistemas de climatização é fortemente influenciado pelas variações climatéricas que se verificam ao longo dos dias do ano [43]. O ambiente exterior é caracterizado pela temperatura, velocidade e direção do vento, nebulosidade, a qualidade do ar e precipitação [43]. Devido às diferenças climáticas, o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE) e regulamentos associados divide Portugal em três zonas climáticas de inverno (I_1 , I_2 e I_3) e em três zonas climáticas de verão (V_1 , V_2 e V_3) para aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente. O edifício em estudo situado em Viseu tem uma zona climática de inverno I_2 e uma zona climática de verão V_2 .

O LNEG providencia dados e *software* para o SCE, uma aplicação em que se pode seleccionar o município de interesse e obter as estatísticas climatológicas. Os ficheiros podem ser implementados no *DesignBuilder* para o cálculo do *EnergyPlus*.

Na tabela 5 resumem-se os dados climáticos de Viseu.

Tabela 5. Dados climáticos referentes ao Montebelo Viseu Congress Hotel.

	Período [meses]	Temperatura média [°C]	Graus dia [°C]
Estação aquecimento	7,3	7,7	1632
Estação arrefecimento	4,7	21,3	

3.2. Modelação

A utilização do *software designbuilder* para a modelação do edifício permite criar uma geometria fiel à realidade [43]. Importando as plantas do edifício à escala certa é possível construir o modelo do edifício, para posteriormente introduzir os dados detalhados neste capítulo.

O MVCH conta com fachadas curvas e para efeito de simplificação de cálculos foram desconsideradas, assim como reentrâncias inferiores a um metro.

A figura 5 mostra uma primeira versão do modelo antes da simplificação, tanto do lado Este como do lado Oeste. No lado Oeste fica localizada a piscina exterior, paisagem das salas de conferências e da ala Oeste dos quartos.

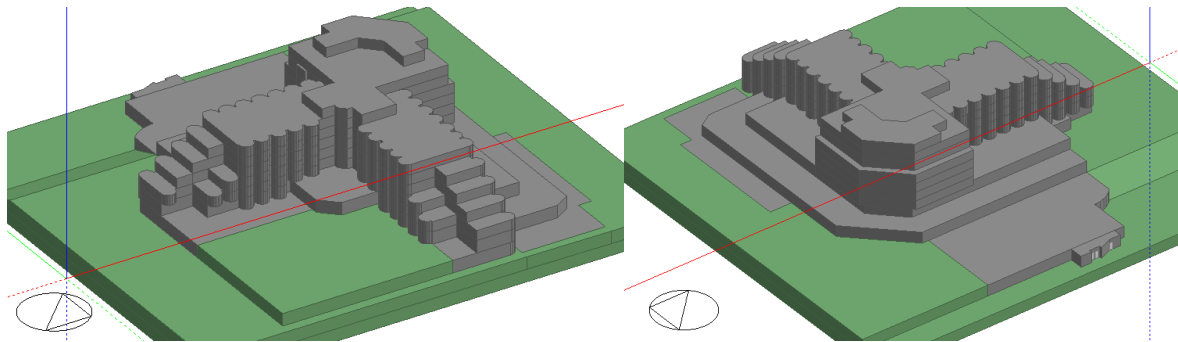


Figura 5. Modelo do Hotel Montebelo antes da simplificação.

Na figura 6 está representado o modelo computacional adotado, uma versão mais simplificada, sem as fachadas e janelas curvas.

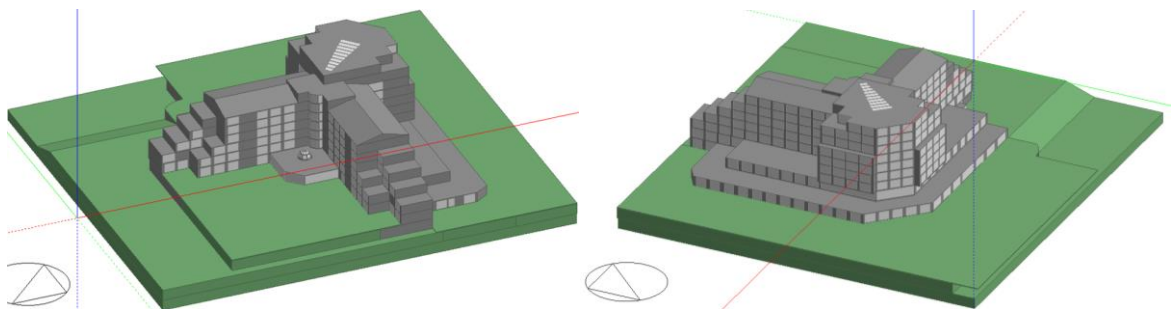


Figura 6. Modelo adotado para simulação.

Quanto ao sombreamento, este está localizado num ponto mais alto em relação a outros edifícios e portanto não é sombreado por nenhum que se localize à sua volta. Foi visto o sombreamento para o dia maior do ano, tanto para a parte da manhã como para a parte da tarde (figura 7) e para o dia mais pequeno do ano, também para a parte da manhã e tarde (figura 8).

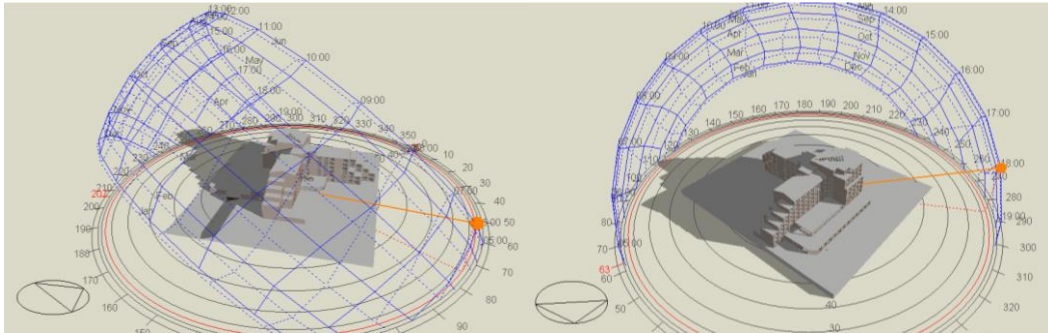


Figura 7. Sombreamento no dia 21 de Junho às 6:00h e às 18:00h, respetivamente.

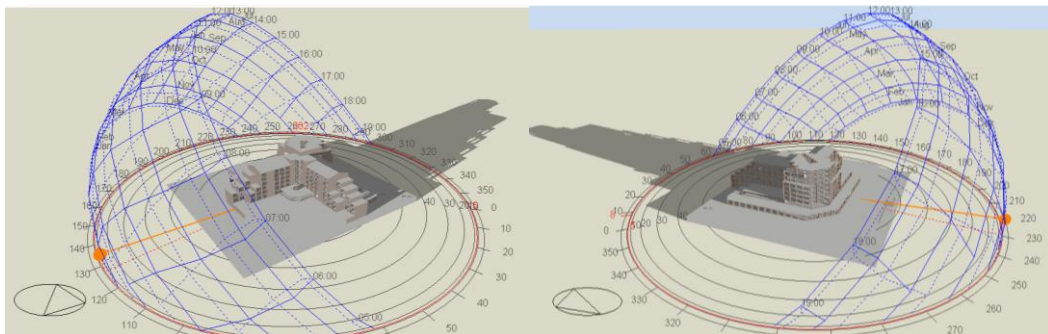


Figura 8. Sombreamento no dia 21 Dezembro às 8:00h e às 16:00h, respetivamente.

3.3. Zonamento

Foi feito um zoneamento térmico em todos os pisos, ou seja, as zonas com características térmicas semelhantes foram agrupados sempre que possível.

No piso -2 situa-se a garagem e zonas técnicas, onde se situam as caldeiras e algumas UTA's.

O piso -1 é o que conta com mais zonas distintas, estando dividido em zonas de serviço e zonas que são de usufruo dos hóspedes. O local de serviço está dividido conforme as seguintes categorias: Refeitório, pastelaria, lavagem do trem, preparação de alimentos, despensas, zona de frio, casa das máquinas, sala de controle, economato, produtos químicos, câmara de lixo refrigerada, economato de bebidas, lavandaria, balneários do pessoal, zona técnica, zona de circulação e ainda, o elevador 4 de serviço que dá acesso à cozinha do piso 0 e o elevador 3 de serviço que dá acesso a todos os pisos, de modo a que os funcionários possam cumprir devidamente as suas funções. Os locais que são de acesso aos clientes estão divididos em Salas de Conferência, a sala mondegó para as crianças, um WC, balneários, a piscina interior, o ginásio, o SPA e zonas de circulação. As salas de conferência dizem respeito à sala Gralheira, Montemuro, Bigorne, Leomil e Lapa Nave.

O piso 0 é a entrada principal e as zonas estão separadas em cozinha, restaurante, salas de conferência, sala estrela, loja comercial, lobby bar, receção, backoffice, WC, gabinete diretor e zonas de circulação. As salas de conferência deste piso dizem respeito à sala Caramulo, Cabelo de Neve e Caramulinho. Os restantes pisos são referentes aos quartos e têm um zoneamento idêntico, mudando apenas o número de quartos. As zonas estão separadas em quartos, zonas de circulação, escadas de serviço, escritório e elevadores.

No piso 6 estão cinco quartos e a penthouse.

As figuras com o zoneamento de cada piso encontram-se no apêndice B. No mesmo apêndice estão representadas as áreas de cada zona por piso.

3.4. Taxas de ocupação

No ano de 2015 o hotel teve em termos de taxa média anual de ocupação 34% e 37% no ano 2016. De facto a taxa de ocupação no ano de 2016 aumentou, sobretudo nos meses de Agosto e Setembro. No gráfico 7 pode-se observar a taxa de ocupação média mensal dos quartos no ano de referência.

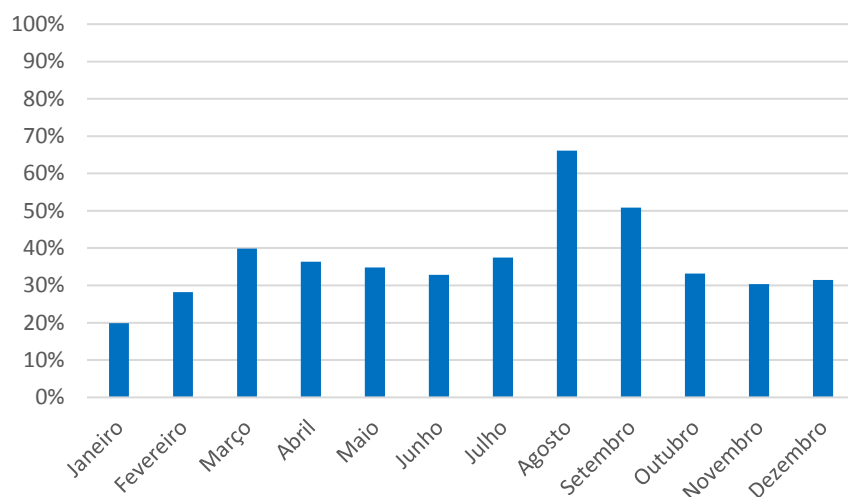


Gráfico 7. Taxa de ocupação média mensal do hotel em 2016.

Apesar do hotel estar 24 horas aberto, existem espaços com horário predefinido e por marcação para os clientes hospedados, é o caso das salas de conferência. Os espaços de serviço funcionam das 6:00 às 23:00, havendo exceções caso existam eventos.

Os espaços com horário definido são os localizados no piso -1 e 0, como as salas de conferência, a piscina e ginásio das 8:00 às 21:00h, o restaurante tem horário para pequeno-almoço das 7:00h às 10:30h, para almoço das 12:00h às 15:00h e para jantar das 19:30 às 22:30h com uma lotação máxima de 130 pessoas. O bar lobby encerra à 00:30h diariamente, exceto à sexta-feira e sábado que é à 01:30h. Ainda a piscina exterior funciona apenas nos meses de verão (Junho a Setembro), assim como os balneários que a servem, com um horário de funcionamento das 8:00h às 20:00h.

Foram fornecidos dados relativos às taxas de ocupação do hotel, tanto para os quartos, salas de conferência e restaurante. Após manipulação desses dados obteve-se os perfis de ocupação para cada zona de forma a implementar no modelo. Foi feito uma média mensal para os dias da semana e para os fins-de-semana, para o restaurante ainda realizou-se uma separação para os pequenos-almoços, almoços e jantares. Verificando uma discrepância entre os pequenos-almoços e os almoços e jantares. Os perfis de ocupação dos espaços estão no apêndice C.

3.5. Soluções construtivas

As soluções construtivas foram vistas através do *software autocad*, pela memória descritiva atualizada e por relatórios que foram disponibilizados de auditorias energéticas realizadas anteriormente. Sempre que houve informação insuficiente foi optado por recorrer ao anexo II do ITE50.

As soluções construtivas adotadas, assim como o respetivo coeficiente de transmissão térmica, estão representados no apêndice D da camada mais interior para a mais exterior.

Os vãos envidraçados são simples, constituídos por vidro duplo refletante com espessura de 3mm (vidro cool light cinza) e caixa-de-ar de 10 mm, em caixilharia metálica sem corte térmico de cor cinza escuro. O respetivo coeficiente de transmissão térmica é de $2,722 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

3.6. Iluminação

O levantamento da quantidade, potência e tipo de iluminação que se encontra no edifício foi feito no local e por espaço, obtendo-se assim alguns tipos de lâmpadas, como fluorescente compacta de potência 8W, 11W, 18W e 36W, halógeno de 35W e 100W e ainda LED de 5W. Nas zonas de serviço o tipo de luminária mais usado são as T8 fluorescente tubular de 36W, nos quartos

e restantes zonas para usufruo dos clientes são halogéneo de 35W encastradas em teto falso. A tecnologia LED encontra-se instalada nos corredores à porta dos quartos, na sala Estrela (cerca de metade da sala), receção, restaurante e a loja comercial. As únicas zonas onde existe controlo automático da iluminação, são os WC's comuns.

O hotel está em permanente funcionamento, pelo que existem espaços com a iluminação sempre ligada, embora não esteja sempre a cem por cento. Estas são algumas medidas já implementadas pelo hotel, como por exemplo as escadas de serviço que estão a cinquenta por cento. Nas zonas de serviço os funcionários são sensibilizados para desligar a iluminação quando não estão a ocupar o espaço.

O período de iluminação foi definido conforme o horário de funcionamento e ocupação, tendo em conta que espaços como o *hall* de entrada e corredores estão sempre com a iluminação acesa. Na tabela 69 do apêndice E está especificado a densidade e o horário de funcionamento.

A iluminação exterior é assegurada por: 16 luminárias de 11W, 85 luminárias de 18W e 15 luminárias de 35W. Foi considerado um horário de operação para o inverno (17:00h às 7:00h) e outro para o verão (20:00h às 6:00h), resultando numa potência total de 2230W.

3.7. Equipamentos

Assim como a iluminação, sempre que possível o levantamento dos equipamentos e da respetiva potência realizou-se no local visualmente por espaço. Para equipamentos em que não foi possível visualizar a chapa de características, retirou-se a potência de relatórios anteriores.

Em todos os quartos existe um telefone, uma televisão e um secador de cabelo, nas *suítes* existe o mesmo equipamento que os restantes quartos a juntar mais uma máquina de café.

Para os equipamentos de baixa potência como televisões, telefones, computadores, impressoras e máquinas de café, considerou-se para gabinetes e zonas administrativas ganhos de 15W/m² e para os quartos de 5W/m².

Relativamente aos elevadores numa auditoria energética realizada ao edifício indica que têm uma potência de 5,1kW, consumindo anualmente 44,6MWh.

O hotel possui lavandaria, porém não trata toda a roupa utilizada no hotel, apenas é usada para lavar, secar e passar os toalhetes dos WC's comuns e as fardas dos funcionários ou no caso de

algum cliente pedir a lavagem da roupa com urgência. A restante roupa suja, como toalhas dos quartos, da piscina e lençóis, é tratada numa lavandaria externa ao edifício, em regime de serviço externo. A máquina de lavar roupa trabalha em média 3 vezes por dia e é uma máquina mais eficiente (A+++).

A penthouse é servida por um SPA privativo equipado com banho turco, sauna e *jacuzzi*. A zona da piscina também está equipada com dois banhos turcos, duas saunas e um *jacuzzi*. As características desses equipamentos foram verificadas nas respetivas chapas de características tendo a sauna 6,64KW, o banho turco 3 resistências de 2,2kW e o *jacuzzi* uma bomba de 2,3kW e um motor de bolhas de 1,2kW.

A densidade dos equipamentos assumidos no *software* é descrito mais detalhadamente na tabela 70 do apêndice E.

Para a pastelaria e para a cozinha existem equipamentos a gás que estão detalhados na tabela 71 do apêndice E.

3.8. Estimativa da energia gasta para AQS

Para estimar o consumo de água quente sanitária nos quartos foi visto o caudal de água quente em quartos de diferentes pisos. Resultando os da tabela 6.

Tabela 6. Estimativa para o consumo de AQS nos quartos.

Piso	Quarto	Caudal [l/min]
1	143	6,7
2	207	10,3
5	547	6,8
	Média	7,9

Admitindo que cada hóspede demora 10 minutos a tomar banho e sabendo o número de hóspedes do ano de referência, obtém-se uma quantidade média de água quente consumida para os quartos por aplicação da equação 1.

$$8 \text{ l/min} \times 10 \text{ min/banho} \times 38\,221 \text{ banhos/ano} \times \frac{38^\circ\text{C}}{60^\circ\text{C}} =$$

$$= 1\,936\,531 \text{ l/ano} \quad (1)$$

Resultando em 5306 l/dia e em 0,93 l/dia.m².

Segundo o relatório da última auditoria energética, o consumo de energia final para a preparação de AQS é de 226 005 kWh/ano. Aplicando a equação para as necessidades de energia relativas à preparação de AQS:

$$Q_a = \frac{(C_{AQS} \times 4,187 \times \Delta T)}{3600} [kWh/ano] \quad (2)$$

Da equação 2 resulta que a quantidade de água consumida no ano de referência é de 3 930 522 l/ano e de 10 768 l/dia. Subtraindo a este valor a quantidade calculada anteriormente conclui-se que a quantidade de água quente gasta nos restantes espaços é de 5 463 l/dia ou seja 12,6 l/dia.m².

3.9. Estimativa da energia gasta no aquecimento da água da piscina

Para estimar o consumo de energia final para aquecimento da água da piscina e do *jacuzzi* foram feitos cálculos baseados na Norma Portuguesa 4448. Sabendo a temperatura da água da piscina (32°C), a temperatura da água do *jacuzzi* (36°C), a temperatura ambiente na nave da piscina (30°C) e a humidade relativa (75%) pode calcular-se as perdas e o consumo de energia final para aquecimento da água da piscina.

As perdas de uma piscina são essencialmente evaporativas, desprezando as perdas por convecção, condução e radiação. Existem vários parâmetros que influenciam a evaporação da água, como a temperatura da água, a temperatura do ar, a humidade relativa do ar, a velocidade do ar e ainda o número de ocupantes [44]. Assim, existem mecanismos que possibilitam a poupança de energia associada a estas perdas, um exemplo é o uso de coberturas sobre o plano de água [44]. As perdas térmicas por evaporação calculam-se da seguinte forma:

$$q_e = A_p \times h_e \times (P_w - P_{enc}) [W] \quad (3)$$

Sendo que:

A_p – Representa a área do plano da água, m².

h_e – Coeficiente de transferência de energia por convecção é dado pela equação:

$$h_e = 0,05058 + (0,0669 \times V) [(W/m^2)/Pa] \quad (4)$$

V – Representa a velocidade do ar à superfície da piscina, com valores típicos entre 0.02 m/s e 0.05 m/s.

P_w – Representa a pressão de vapor saturado à temperatura da água da piscina, t_w , kPa. Pode ser obtido segundo a equação:

$$P_w = 0.004516 + 0.0007178t_w - (2.649 \times 10^{-6})t_w^2 + (6.944 \times 10^{-7})t_w^3 \quad (5)$$

P_{enc} – Representa a pressão de vapor saturado no ar circundante da piscina, kPa.

Aplicando a equação 3 para a piscina vem:

$$\begin{aligned} q_e &= A_p \times h_e \times (P_w - P_{enc}) = \\ &= 95,34 \times (0,05058 + (0,0669 \times 0,02)) \times (449 - 318) = \\ &= 77,79 \text{ W} \end{aligned}$$

Aplicando a mesma equação para o *jacuzzi* vem:

$$\begin{aligned} q_e &= A_p \times h_e \times (P_w - P_{enc}) = \\ &= 5,29 \times (0,05058 + (0,0669 \times 0,02)) \times (593 - 318) = \\ &= 7,56 \text{ W} \end{aligned}$$

Resultando em 683,32 kWh/ano para a piscina e em 66,37 kWh/ano para o *jacuzzi*, um total de 749,69 kWh/ano.

Relativamente ao consumo de energia final devido às renovações diárias da água da piscina foi aplicada a equação 6 e 7, para a piscina e para o *jacuzzi*, respetivamente. A renovação diária de água é de cerca de 10% do volume da piscina e para o *jacuzzi* normalmente é feito o esvaziamento do mesmo, para ser limpo e cheio de novo.

$$15 \text{ m}^3/\text{dia} \times C_p \times (32 - 15) = m_{AQS \text{ piscina}} \times C_p \times (60 - 15) \quad (6)$$

$$2 \text{ m}^3/\text{dia} \times C_p \times (36 - 15) = m_{AQS \text{ jacuzzi}} \times C_p \times (60 - 15) \quad (7)$$

Na tabela 7 encontram-se os resultados das equações anteriores mencionadas.

Tabela 7. Estimativa da renovação diária de água da piscina e do *jacuzzi*.

Renovação diária	Piscina interior	Jacuzzi
10%	2 074 000l/ano	341 600l/ano
	119 255kWh/ano	19 642kWh/ano
Total	138 897kWh/ano	

Somando o total de energia final das perdas por evaporação à estimativa das renovações diárias da água, resulta num consumo de energia final total de 139 647kWh/ano. Comparando este valor com a auditoria energética realizada no hotel o desvio dá com uma diferença de 0%.

O *software* utilizado para as simulações dinâmicas ainda não simula a estimativa do consumo de água quente, assim tendo feito o cálculo desta estimativa soma-se ao consumo de energia final de gás resultante do *DesignBuilder*.

3.10. Calibração do modelo

Depois de colocar no *software* todos os equipamentos, iluminação, horários e equipamentos AVAC referidos anteriormente é necessário fazer simulações de forma a analisar os resultados, sendo que os resultados obtidos inicialmente não foram os esperados. Resultados esses que foram comparados com os valores das faturas de gás natural e de eletricidade.

Não sendo os resultados esperados, é necessário passar à calibração do modelo. O modelo considera-se calibrado assim que os consumos de simulação e de faturação real sejam inferiores a 10%. Para isso foram necessárias várias simulações de forma ajustar os *schedules* dos equipamentos e horários de funcionamento para que os consumos de simulação se assemelhem aos consumos reais.

Na tabela 8 estão representados os consumos de simulação e os consumos reais, assim como o desvio de calibração.

Tabela 8. Resultados da simulação.

	Consumo Real [MWh]	Consumo Simulação [MWh]	Consumo simulação + estimativa AQpiscina	Desvio [%]
Eletricidade	1 312,72	1 398,535	1 398,53	7
Gás Natural	2 401,63	2 098,115	2 237,80	7
TOTAL	3 714,35		3 636,30	2

As emissões de CO₂ resultantes, assim com as despesas com a energia dos consumos calibrados estão representados na tabela 9. De maneira a comparar com as soluções propostas no capítulo seguinte.

Tabela 9. Emissões de CO₂ e despesas anuais.

	Emissões CO₂ [ton]	Despesas [€/ano]
Eletricidade	503	144 049
Gás Natural	452	82 797
TOTAL	956	226 846

De forma a proceder a uma análise mais aprofundada, foi feita uma comparação dos consumos mensais faturados com as resultantes da simulação, gráfico 8.

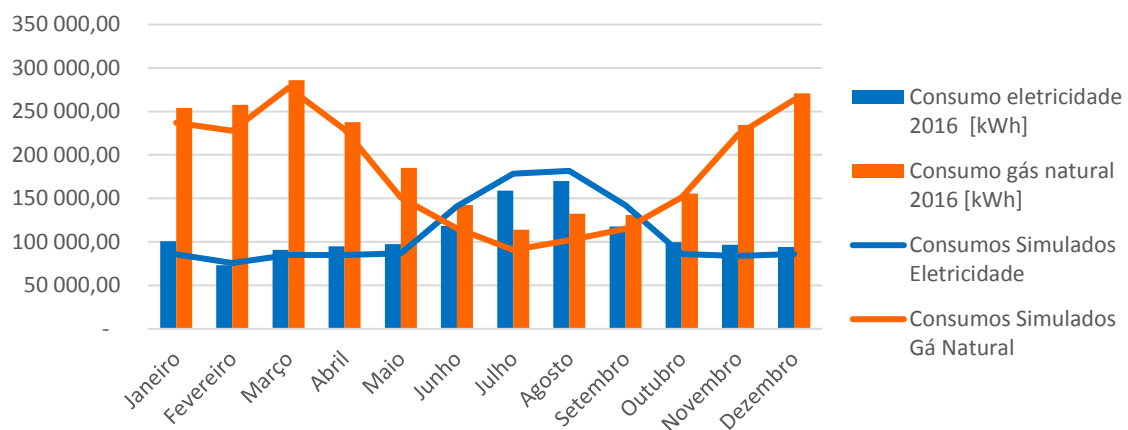


Gráfico 8. Consumos mensais faturados e resultantes da simulação mensal.

Após a calibração é possível desagregar os consumos por utilização final, tabela 10 e gráfico 9. Fazendo uma observação aos resultados da simulação dinâmica, verifica-se que o principal consumidor de energia é o aquecimento ambiente, seguido dos equipamentos elétricos com um consumo considerável (onde estão incluídos os equipamentos da cozinha, as câmaras de refrigeração e de congelação e ainda os elevadores), e o arrefecimento ambiente, a iluminação e os equipamentos a gás têm um peso considerável.

Tabela 10. Desagregação dos consumos anuais por utilização final.

Categoria	Consumo [kWh]
Equipamentos elétricos	491 652
Equipamentos a gás	340 051
Iluminação	385 048
Ventiladores	83 855
Bombas	21 724
Aquecimento	1 543 834
Arrefecimento	407 020
AQS	214 229
AQ Piscina	139 647
Iluminação exterior	9 150

4. Propostas de eficiência energética

No presente capítulo apresentam-se as propostas para reabilitação energética do hotel em estudo, que têm como objetivo estudar a redução do consumo de energia com medidas simples e sem investimento e outras com um investimento maior importando ainda analisar a redução das emissões de CO₂ e o período de retorno. Como mencionado no primeiro capítulo, o setor hoteleiro tem grande potencial de poupança, assim para alcançar a eficiência energética é necessário adotar novos métodos e tecnologias para redução de consumo.

4.1. Taxa de renovação da água da piscina interior

Segundo a normativa 23/93 CNQ, como meio de regeneração complementar da água das piscinas, deverá ser assegurada uma reposição diária de água nova, na proporção mínima de 30 litros por dia e por banhista que tenha frequentado a instalação, com o mínimo absoluto de 2% do volume do tanque. Este valor poderá ser aumentado por determinação das autoridades sanitárias, sempre que os resultados de análise revelem uma água com qualidade insuficiente.

Do mesmo modo, na mesma normativa 23/93 CNQ quando não se considerem satisfatórios os meios disponíveis para as operações de aspiração e limpeza diária dos tanques, ou se verifiquem insuficiências nos registos relativos às frequências diárias, as autoridades sanitárias poderão impor um volume mínimo de reposição diária de água nova equivalente a 5% do volume da piscina.

Estando a taxa de renovação diária da água de reposição atualmente em 10%, foi feito a análise para 5%. Sendo assim uma medida simples e sem investimento, podendo ainda em época baixa essa taxa ser de 2%.

4.2. Alteração da temperatura da água da piscina

Nas piscinas com a água aquecida, a temperatura da água dos tanques está regulamentada conforme a tipologia. Na normativa 23/93 CNQ para tanques polifuncionais as temperaturas estão entre 26°C a 28°C. Pelo *software* RETsreen os valores variam entre 22°C e 35°C para piscinas

terapêuticas, hidromassagem e spa. Sendo a piscina do hotel para laser e destinada a spa, foi estudado o impacto associado a uma redução de 2°C, ou seja, com a temperatura da água a 30°C. Com a diminuição da temperatura da água diminuem os gastos na estimativa de aquecimento da água da piscina e as perdas por evaporação. Caso seja adotada uma temperatura mais baixa que 30°C acredita-se que os hóspedes possam vir a fazer reclamações.

4.3. Alteração de comportamentos

Existe cada vez mais a percepção que poderão ser as pessoas a alterar o cenário de consumo energético excessivo, adotando novas atitudes, comportamentos e visões [45]. Há diferentes utilizadores, os líderes que podem implementar novas atitudes e fazer com que os outros os sigam, estes são empenhados e informados [45]. Aqueles que possuem menos informação sobre as questões ambientais e o seu impacto local e global, mostram-se pouco disponíveis para se empenharem em ações transformadoras [45].

A alteração de comportamentos é uma medida que pode ser implementada e sem investimento, mas não tão fácil por depender do comportamento humano e que nem sempre é igual todos os dias. Talvez a melhor abordagem neste tipo de situações se centre em informação em panfletos, notas de alerta em zonas onde existam equipamentos consumidores intensivos de energia e em palestras com a importância para a diminuição das emissões de GEE e a sua consequência nas alterações climáticas.

Segundo a ADENE, os portugueses ainda não são muito frequentadores de eventos dedicados ao tema da eficiência energética, mas quando o fazem, são influenciados a mudar de comportamento, tornando-se cidadãos mais preocupados, com este tipo de questões, ou seja, eventos com a apresentação do tema e as consequências do comportamento humano, têm impacto nos indivíduos que os frequentam.

Como exemplo de comportamentos que podem ser alterados podemos citar o simples desligar das luzes quando a zona não está ocupada. Por exemplo os balneários dos funcionários geralmente estão com a iluminação sempre ligada durante o dia, assim como o refeitório, embora dependa do último funcionário que por lá passe.

Para as salas de conferência a iluminação e os sistemas de climatização são ligados antes dos eventos e muitas vezes ficam esquecidos e sem desligar após os eventos. Estudou-se essa alteração, tanto para a iluminação, como para o ar condicionado.

Nos quartos os ventilo convetores são ligados antes da entrada dos hóspedes e por vezes esses cancelam a reserva ou trocam de quarto ficando o ar condicionado esquecido e ligado durante a noite e por vezes até à próxima inspeção efetuada pela governanta. Como foi considerado um acréscimo de 10% para o ar condicionado ligado de forma a contabilizar estes esquecimentos, tanto dos hóspedes como da parte dos funcionários, foi feito o estudo apenas com as taxas de ocupação fornecidas.

Como referido, no hotel tentam implementar a aglomeração dos quartos de forma a desligar as alas que estejam desocupadas. Assim, como aquando a vendas dos quartos nem sempre se preocupam com esta medida, analisou-se a poupança conseguida de forma a sensibilizar os funcionários responsáveis deste setor. Sabendo o número de quartos vendidos por mês, foi feita uma aglomeração por alas de forma a dar o total dos quartos. A forma como foi feita essa aglomeração pode ser vista no apêndice F.

Assim a primeira medida testada foram as alterações ao nível das salas de conferência e dos quartos. De seguida a aglomeração dos quartos e por fim as duas conjugadas.

4.4. Alteração do horário das UTA's

Outra medida proposta é a alteração dos horários de algumas UTA's. Podendo o comando destas ser automático ou manual, existem UTA's com um horário pré-definido de forma a ligarem automaticamente. As UTA's responsáveis pela climatização e ventilação das salas de conferência, tanto do piso 0 e -1, são ligadas conforme a ocupação. Assim, a proposta é relativa à alteração do horário das UTA's do restaurante, do ginásio, do refeitório, do *hall* de entrada e do átrio das salas de conferência.

Na tabela 11 mostra o horário atual e o horário proposto.

Tabela 11. Alteração do horário pré-definido das UTA's.

Compartimento	Horário Atual [horas]	Alteração horária [horas]
Restaurante	5:00 – 10:00	7:00 – 10:00
	11:00 – 15:00	12:00 – 15:00
	18:00 – 22:00	19:00 – 22:00
Átrio salas piso -1	24	6:00 – 00:00
Hall piso 0	24	6:00 – 00:00
Ginásio	6:00 – 23:00	7:00 – 21:00
Refeitório		8:00 – 9:00
	7:30 – 13:00	11:30 – 12:30
	17:00 – 20:00	18:00 – 20:00

Para o ginásio foi considerada a UTA desligada por duas horas à hora de almoço, tendo em conta que este espaço nem sempre está ocupado, mas que precisa de estar arrefecido caso alguém compareça. Para o restaurante e para o refeitório foi adaptado para as horas de maior ocupação, ou seja, conforme o horário das refeições. Nos locais em comum do hotel, como o hall de entrada e o átrio das salas de conferência, as UTA's estão 24 horas em funcionamento, foi alterado assim de modo a ficar 4 horas desligado.

4.5. Conjugação das medidas sem investimento

Tendo proposto várias medidas com a alteração de comportamentos e de horários, sem investimento, é também vantajoso analisar as alterações que resultam da conjugação de todas estas medidas referidas anteriormente, sendo que não têm qualquer tipo de investimento e apenas a alteração de alguns comportamentos.

4.6. Tecnologia LED

O hotel conta com fachadas de envidraçados que podiam ser aproveitadas para iluminação natural, mas para conforto dos clientes e dos funcionários, a iluminação está em permanente utilização, o que resulta numa percentagem de 11% dos consumos totais. Assim, uma medida para poupança de energia no que toca à iluminação, passa pela troca da iluminação atual pela tecnologia LED.

Alguns espaços, como a receção, sala estrela, restaurante, loja comercial e o foco nos corredores à porta dos quartos, já dotam da tecnologia LED. Assim, foi visto a poupança energética para a troca das restantes lâmpadas.

A densidade a colocar no *software* com a proposta para iluminação LED encontra-se na tabela 74 no apêndice G.

4.7. Colocação de cobertura para a piscina

A utilização de uma cobertura no plano da água durante as horas em que esta não é utilizada conduz a uma poupança energética com algum significado, uma vez que a principal perda nas piscinas se trata das de evaporação.

Segundo as estimativas, a aplicação deste acessório na superfície da água da piscina no período de encerramento, permitia uma redução significativa na evaporação e nas perdas térmicas, e que se traduz numa poupança no consumo de energia na ordem dos 22% [46].

Existem diferentes tipos de coberturas, com materiais e aplicações diferentes [46]. Em termos de aplicação podem ser de forma manual, semiautomática e automática. Quanto aos materiais, podem ser de polietileno, polipropileno e vinil [46]. As coberturas com a remoção e colocação manual são as de polietileno, sendo as de bolhas as mais baratas, menos resistentes e com menor tempo de vida, e as de polipropileno, são de espuma, mais espessas e mais resistentes que as anteriores [46]. As coberturas de remoção e colocação automáticas são as de lâminas, à base de policloreto de vinil, porém com um custo muito mais elevado [46].

Para o presente estudo foi feito uma análise considerando a cobertura durante as horas em que a piscina está desocupada, cerca de 12 horas por dia, das 21:00h às 8:00h, às duas coberturas com colocação e remoção manual. A cobertura de polietileno de bolhas selecionada tem a garantia de um ano e mantém o aquecimento da água da piscina, enquanto a cobertura de polipropileno de espuma tem a garantia de 4 anos.

4.8. Redutores de caudal

São um dispositivo simples e que atingem poupanças até 40%. A análise será feita com redutores de caudal de 5l/min, assim vem que:

$$\begin{aligned} 5 \text{ l/min} \times 10 \text{ min/banho} \times 38\,221 \text{ banhos/ano} \times \frac{38^\circ\text{C}}{60^\circ\text{C}} \\ = 1\,210\,332 \text{ l/ano} \end{aligned} \quad (8)$$

Na situação atual estão a ser consumidos 1 920 393 litros por ano de água em duches, sendo que com a colocação de redutores de caudal o consumo passará a ser de 1 210 332 litros por ano, o que se traduz em 0,58l/dia.m².

4.9. Colocação de painéis fotovoltaicos

Apesar do maior consumidor de energia final no hotel ser o gás natural, a eletricidade responde com despesas maiores, assim realizou-se a análise ao impacto da colocação de painéis para produção de eletricidade para próprio consumo. Esta proposta foi analisada no *software* RETScreen com as considerações seguintes:

- Dados climáticos foram utilizados os dados referentes a Viseu.
- Tipo/modelo do painel foram adotados painéis de Silício Monocristalino (Mono-Si) por serem os mais utilizados e comercializados. É do fabricante Canadian Solar, modelo mono-Si – CS6X-300M – MaxPower e têm uma eficiência de 15,6% e uma área de 1,92 m²/painel.
- Preço da eletricidade exportada: A produção de eletricidade é para consumo próprio, considerando o custo igual ao da compra da eletricidade, cerca de 0,103€/kWh.

Para tornar os resultados mais realistas, foram considerados alguns custos de engenharia propostos pelo *software* através da ferramenta Ajuda.

- *Design* do local de implantação: Tempo necessário para desenhar e especificar o local exato de implantação dos módulos fotovoltaicos no local de projeto. Para grandes projetos são necessários quatro dias resultando num custo de 2 800€.
- *Design* mecânico necessário para avaliar cargas estruturais e de vento no local da instalação. Foi considerada a necessidade de dois dias de trabalho resultando em 1 400€.
- *Design* elétrico: Determinação de como o sistema fotovoltaico será integrado ao sistema elétrico existente. Foram considerados 3 dias de trabalho resultando num custo de 2 100€.

- Instalação e supervisão: Custos associados à instalação do sistema fotovoltaico e supervisão de forma a garantir que o projeto está a ser executado como definido. Foi considerado cinco dias de trabalho e dois instaladores, o que resulta num custo de 5 500€.

Estando a área das alas norte e sul disponíveis para a colocação destes painéis e com uma área total de 492m², resulta numa quantidade de 290 painéis a produzir 116MWh/ano.

Cada painel tem um custo de 319,37€, o que para 255 painéis resulta num investimento de 81 439€, ainda a acrescentar os custos de engenharia.

4.10. Substituição das caldeiras

Tendo proposto a colocação de painéis fotovoltaicos para a redução da eletricidade, é agora proposto a substituição de duas das caldeiras atuais. Estas caldeiras têm a mesma idade que o edifício, cerca de 20 anos, significa que se tratam de caldeiras menos eficientes das que se podem encontrar atualmente.

Sendo o principal consumidor de energia no hotel o gás natural para alimentação das caldeiras e tendo estas um consumo elevado para o aquecimento ambiente, para as AQS e para a AQ da piscina seria vantajoso a troca destas caldeiras convencionais por umas mais eficientes de condensação.

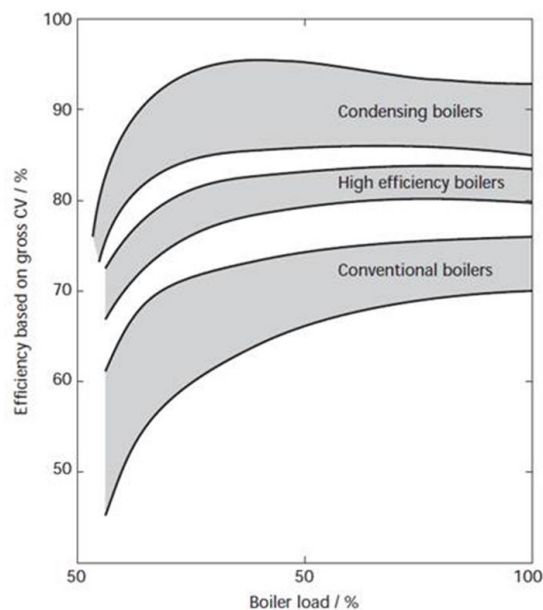


Figura 9. Ilustração das eficiências típicas de diferentes caldeiras.

A figura 9 mostra as eficiências típicas de diferentes caldeiras, mostrando que as caldeiras de condensação são as mais eficientes.

De modo a obter as características equivalentes às caldeiras atuais, assim como o custo inicial, entrou-se em contacto com uma empresa com este tipo de equipamentos para venda. Com a ajuda do engenheiro responsável pela manutenção do hotel, recorreu-se a uma pesquisa das empresas disponíveis em Viseu, sendo selecionada a Vitalclima.

As características das caldeiras selecionadas para a troca estão na tabela 12. Tendo elas um custo de 25 908€ cada uma, considerando a troca de duas das caldeiras atuais, o investimento foi de 51 816€.

Tabela 12. Características das caldeiras equivalentes às atuais.

Marca	Roca
Modelo	SGB 610
Potência aquecimento [kW]	1 191
Rendimento [%]	97,7
Pressão máxima [Bar]	6
Combustível	Gás Natural

4.11. Conjugação das medidas com investimento

Tendo proposto várias medidas materiais, com um certo tipo de investimento, é agora feito a conjugação de todas as medidas.

4.12. Conjugação de todas as medidas

Proposto a conjugação das medidas comportamentais e posteriormente as medidas materiais, é vantajoso ainda a conjugação das duas. Com a junção destas medidas foi visto ainda a colocação de painéis a cobrir o consumo da tecnologia LED, resultando num total de 135 painéis. Estes painéis têm um investimento de 54 915€ e ocupam uma área de 259m².

5. Resultados e Discussão

Estando as medidas de melhoria propostas apresentadas e detalhas no capítulo anterior, no presente encontram-se os resultados de cada proposta de eficiência energética. Serão apresentadas as reduções em termos de consumo, custo e ainda relativamente às emissões de CO₂.

Para representação das reduções ou dos aumentos dos consumos foi utilizado o sinal de negativo (-) e o de positivo (+), respetivamente. Os custos de energia considerados para determinar a economia anual foram de acordo com a média anual das faturas fornecidas, o preço da eletricidade de 0,103€/kWh e o de gás natural de 0,037€/kWh.

Para o cálculo das emissões CO₂ foram utilizados os fatores de conversão do despacho nº 15793-D/2013. Os fatores de conversão entre a energia final e a energia primária a utilizar são 2,5kWh_{EP}/kWh para a eletricidade e de 1kWh_{EP}/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis. Para a determinação das emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia nos edifícios, os fatores de conversão de energia primária tomam o valor de 0,144kgCO₂/kWh para a eletricidade e de 0,202kgCO₂/kWh.

5.1. Taxa de renovação da água da piscina

Com a alteração da taxa de renovação diária da água da piscina a redução é de 56% relativamente à parcela da estimativa do consumo de água quente para a piscina e para o *jacuzzi*. A redução geral é de 2% nos consumos e nas emissões de CO₂, tabela 13.

Tabela 13. Consumo atual e pela alteração da taxa de renovação diária da piscina.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO ₂ [ton]	Redução emissões CO ₂ [%]
Renovação	139 647	61 194	-56	12	-2
Eletricidade	1 398 535	1 398 535	0	503	
Gás Natural	2 237 762	2 158 909	-4	436	
TOTAL	3 636 297	3 557 444	-2	939	

Embora a diminuição de consumo seja pouco significativa, resulta automaticamente numa redução da despesa na fatura energética de 1%, cerca de 2 917€/ano, tabela 14.

Tabela 14. Despesas com a energia atual e pela alteração da taxa de renovação diária da piscina.

	Atual	Proposta	Diferença
	[€/ano]	[€/ano]	[%]
Eletricidade	144 049	144 049	0
Gás Natural	82 797	79 880	-4
TOTAL	226 846	223 929	-1

Dependendo do número de ocupantes, ainda em época baixa a taxa de renovação diária da água da piscina pode ser alterada para 2% nos meses de outubro a fevereiro. Adotando essa taxa para a época baixa e 5% nos meses de maior ocupação resulta numa redução total de consumo de 3% e de 2% das emissões, tabela 15.

Tabela 15. Consumo atual e pela alteração da taxa de renovação diária da piscina para 2% em época baixa.

	Atual	Proposta	Diferença	Emissões	Redução
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]	CO₂ [ton]	emissões
					CO₂ [%]
Renovação	140 335	45 752	-67	9	
Eletricidade	1 398 535	1 398 535	0	503	
Gás Natural	2 237 762	2 143 466	-4	433	-2
TOTAL	3 636 297	3 542 002	-3	936	

A poupança anual no consumo é de 94 983 kWh, o que representa uma redução da despesa total com a energia de 2%, cerca de 3 489€/ano, tabela 16.

Tabela 16. Despesas com a energia atual e alteração da taxa de renovação diária da piscina para 2% em época baixa.

	Atual	Proposta	Diferença
	[€/ano]	[€/ano]	[%]
Eletricidade	144 049	144 049	0
Gás Natural	82 797	79 308	-4
TOTAL	226 846	223 357	-2

5.2. Alteração da temperatura da água da piscina

Com a alteração da temperatura da água da piscina para 30°C e a alteração da taxa de renovação da água da piscina para 5%, a estimativa da energia gasta no aquecimento da água da piscina reduz 48%. No total as reduções são de 2% para os consumos e de 1% nas emissões CO₂, tabela 17.

Tabela 17. Consumo atual e pela alteração da temperatura da água da piscina.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO ₂ [ton]	Redução emissões CO ₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	1 398 535	0	503	
Gás Natural	2 237 762	2 170 497	-3	438	-1
TOTAL	3 636 297	3 569 032	-2	942	

Com uma poupança anual de 67 265kWh, a redução da despesa total com a fatura energética é de 1%, cerca de 2 489€/ano, tabela 18.

Tabela 18. Despesas com a energia atual e com a alteração da temperatura da água da piscina.

	Atual [€/ano]	Proposta [€/ano]	Diferença [%]
Eletricidade	144 049	144 049	0
Gás Natural	82 797	80 308	-3
TOTAL	226 846	224 357	-1

5.3. Alteração de comportamentos

Para a medida do não esquecimento do ar condicionado ligado nas salas de conferência e dos quartos, assim como a iluminação, as reduções são ao nível do aquecimento e da iluminação, resultando também numa diminuição do consumo dos ventiladores e das bombas, tabela 19.

Tabela 19. Consumo por utilização final pela alteração à climatização das salas e quartos.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]
Equipamentos elétricos	491 652	492 009	0
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	368 849	-4
Ventiladores	83 855	74 632	-11
Bombas	21 724	21 620	-0,5
Aquecimento	1 543 834	1 283 899	-17
Arrefecimento	407 020	406 751	-0,1
AQS	214 229	214 031	0
Aquecimento água piscina	139 647	139 647	0
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

No total do consumo a redução é de 8% e de 6% nas emissões de CO₂, tabela 20.

Tabela 20. Consumo atual e pela alteração à climatização das salas e quartos.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO₂ [ton]	Redução emissões CO₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	1 373 224	-2	494	-6
Gás Natural	2 237 762	1 977 629	-12	400	
TOTAL	3 636 297	3 350 853	-8	894	

No total do consumo a redução é de 285 444kWh, o que representa uma diminuição das despesas em 5%, cerca de 12 232€/ano, tabela 21.

Tabela 21. Despesas com a energia atual e com a alteração à climatização das salas e quartos.

	Atual [€/ano]	Proposta [€/ano]	Diferença [%]
Eletricidade	144 049	141 442	-2
Gás Natural	82 797	73 172	-12
TOTAL	226 846	214 614	-5

Para a medida da aglomeração dos quartos, as reduções são visíveis na iluminação e climatização, tabela 22.

Tabela 22. Consumo por utilização final pela aglomeração dos quartos.

	Atual	Proposta	Diferença
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]
Equipamentos elétricos	491 652	489 965	-0,3
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	236 781	-39
Ventiladores	83 855	83 320	-1
Bombas	21 724	21 723	0
Aquecimento	1 543 834	1 494 099	-3
Arrefecimento	407 020	253 987	-38
AQS	214 229	211 853	-1
Aquecimento água piscina	139 647	139 647	0
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

O consumo de energia final após a implementação da proposta tem como resultado a redução de 10% do consumo total do edifício e de 13% nas emissões de CO₂, tabela 23. Assim, comprova-se que a medida já pensada tem consequências positivas no MVCH e que em época baixa poderia ser implementada mais vezes, selecionando um funcionário responsável para esse efeito.

Tabela 23. Consumo atual e pela aglomeração dos quartos.

	Atual	Proposta	Diferença	Emissões CO₂	Redução
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]	[ton]	emissões CO₂
					[%]
Eletricidade	1 398 535	1 095 034	-22	394	-13
Gás Natural	2 237 762	2 185 650	-2	442	
TOTAL	3 636 297	3 280 684	-10	836	

Quanto às contribuições para a fatura energética traduz-se numa redução de 15%, cerca de 33 189€/ano, tabela 24.

Tabela 24. Despesas com a energia atual e pela aglomeração dos quartos.

	Atual	Proposta	Diferença
	[€/ano]	[€/ano]	[%]
Eletricidade	144 049	112 789	-22
Gás Natural	82 797	80 869	-2
TOTAL	226 846	193 657	-15

Com a aglomeração dos quartos a ter resultados positivos, a conjugação desta medida com o não esquecimento do ar condicionado e da iluminação nas salas de conferência e também dos quartos, tem como consequência a redução de todos os consumos por utilização final, sendo a redução maior ao nível da climatização e iluminação, tabela 25.

Tabela 25. Consumo por utilização final das medidas comportamentais.

	Atual	Proposta	Diferença
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]
Equipamentos elétricos	491 652	489 965	-0,3
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	236 781	-39
Ventiladores	83 855	62 884	-25
Bombas	21 724	21 619	-0,5
Aquecimento	1 543 834	1 130 322	-27
Arrefecimento	407 020	238 119	-41
AQS	214 229	211 854	-1
Aquecimento água piscina	139 647	139 647	0
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

Quanto ao total do edifício é de esperar uma redução maior, neste caso de 21% nos consumos e de 22% nas emissões de CO₂, tabela 26.

Tabela 26. Consumo atual e com as medidas comportamentais e emissões resultantes.

	Atual	Proposta	Diferença	Emissões CO₂	Redução
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]	[ton]	emissões CO₂
					[%]
Eletricidade	1 398 535	1 058 748	-24	381	-22
Gás Natural	2 237 762	1 821 874	-19	368	
TOTAL	3 636 297	2 880 622	-21	749	

As despesas com as faturas energéticas passam a ser as da tabela 27, com uma redução de 22%, cerca de 50 386€/ano.

Tabela 27. Despesas com a energia atual e com as medidas comportamentais.

	Atual	Proposta	Diferença
	[€/ano]	[€/ano]	[%]
Gás Natural	144 049	109 051	-24
Eletricidade	82 797	67 409	-19
TOTAL	226 846	176 460	-22

5.4. Alteração do horário das UTA's

Com a alteração dos horários das UTA's os resultados por utilização final são na climatização e nas bombas e ventiladores associados a essa climatização, tabela 28.

Tabela 28. Consumo por utilização final pela alteração do horário das UTA's.

	Atual	Proposta	Diferença
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]
Equipamentos elétricos	491 652	491 641	0
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	384 826	0
Ventiladores	83 855	74 189	-12
Bombas	21 724	20 135	-7
Aquecimento	1 543 834	1 460 683	-5
Arrefecimento	407 020	401 174	-1
AQS	214 229	214 033	0
Aquecimento água piscina	139 647	139 647	0
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

No total as reduções não são significativas, mas ainda assim com uma diminuição de 3% nos consumos e 2% nas emissões CO₂, tabela 29.

Tabela 29. Consumo atual e pela alteração do horário das UTA's, assim como emissões resultantes.

	Atual	Proposta	Diferença	Emissões CO₂	Redução
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]	[ton]	emissões CO₂
					[%]
Eletricidade	1 398 535	1 381 252	-1	497	-2
Gás Natural	2 237 762	2 151 936	-4	935	
TOTAL	3 636 297	3 533 188	-3	932	

A redução da despesa com as faturas energéticas é de 2%, aproximadamente 4 956€/ano, tabela 30.

Tabela 30. Despesas com a energia atual e a proposta da alteração do horário das UTA's.

	Atual	Proposta	Diferença
	[€/ano]	[€/ano]	[%]
Eletricidade	144 049	142 269	-1
Gás Natural	82 797	79 622	-4
TOTAL	226 846	221 890	-2

5.5. Conjugação das medidas sem investimento

Tendo visto individualmente as propostas sem investimento, apenas pela alteração de pequenas ações e com reduções, ainda que pouco significativas, é vantajoso conjugá-las.

O conjunto destas propostas tem como reduções por utilização final em quase todos os níveis, exceto na iluminação exterior e nos equipamentos a gás, tabela 31.

Tabela 31. Consumo por utilização final com a conjugação das medidas sem investimento.

	Atual	Proposta	Diferença
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]
Equipamentos elétricos	491 652	489 965	-0,3
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	236 781	-39
Ventiladores	83 855	74 097	-12
Bombas	21 724	21 629	0
Aquecimento	1 543 834	1 235 803	-20
Arrefecimento	407 020	253 981	-38
AQS	214 229	211 852	-1
Aquecimento água piscina	139 647	54 122	-61
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

No global do edifício a redução do consumo é de 19% e de 20% nas emissões de CO₂, tabela 32.

Tabela 32. Consumo atual e com a conjugação das medidas sem investimento.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO₂ [ton]	Redução emissões CO ₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	1 085 821	-22	391	-20
Gás Natural	2 237 762	1 841 828	-18	372	
TOTAL	3 636 297	2 927 649	-19	763	

Relativamente às despesas com as faturas energéticas, a redução é 21%, cerca de 46 859€/ano, tabela 33.

Tabela 33. Despesas com a energia atual e a proposta da conjugação das medidas sem investimento.

	Atual [€/ano]	Proposta [€/ano]	Diferença [%]
Eletricidade	144 049	111 840	-22
Gás Natural	82 797	68 148	-18
TOTAL	226 846	179 987	-21

5.6. Tecnologia LED

Com a redução da intensidade luminosa, existe de imediato uma redução na fatura de eletricidade. Verifica-se, ainda que pouca, uma redução das necessidades de arrefecimento e um consequente aumento das necessidades de aquecimento, devido à diminuição dos ganhos internos relativos à iluminação.

A redução no consumo relativo à iluminação é de 85% (tabela 34), mas a redução quanto ao total do edifício é de 25% para a eletricidade (tabela 35). Devido ao consequente aumento do aquecimento, o consumo de gás natural aumenta 2%, tabela 35.

Tabela 34. Consumos após implementação da tecnologia LED.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]
Equipamentos elétricos	491 652	491 641	0
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	58 762	-85

Tabela 34 (continuação). Consumos após implementação da tecnologia LED.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]
Ventiladores	83 855	83 854	0
Bombas	21 724	21 723	0
Aquecimento	1 543 834	1 579 659	+2
Arrefecimento	407 020	379 431	-7
AQS	214 229	214 004	0
Aquecimento água piscina	139 647	139 647	0
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

A redução no total dos consumos é de 9% e de 13% nas emissões, tabela 35.

Tabela 35. Consumo atual e após implementação da tecnologia LED.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO₂ [ton]	Redução emissões CO₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	1 044 791	-25	376	-13
Gás Natural	2 237 762	2 273 361	+2	459	
TOTAL	3 636 297	3 318 152	-9	835	

Com uma economia anual de 35 118€ e um investimento de 12 407€ o retorno é feito num período atrativo de 4 meses, tabela 36.

Tabela 36. Período de retorno da tecnologia LED.

Economia anual [kWh/ano]	Economia anual [€/ano]	Investimento [€]	Período de retorno [meses]
318 145	35 118	12 407,16	4

5.7. Colocação de cobertura para a piscina

A colocação de uma cobertura na piscina trás benefícios no consumo energético, devido à redução das perdas por evaporação em 42%, tabela 37.

Tabela 37. Perdas por evaporação da piscina com a colocação de cobertura.

Perdas	Piscina interior	Jacuzzi
	[kWh/ano]	[kWh/ano]
Evaporação	370,13	66,37
Total	436,50	

A estimativa do consumo de energia final para o aquecimento da água da piscina com a cobertura e a alteração da taxa de renovação diária da água da piscina para 5% é de 60 880 kWh/ano. Assim, o total do consumo e das emissões traduz-se numa redução de 2%, tabela 38.

Tabela 38. Consumo atual e pela implementação da cobertura da piscina.

	Atual	Proposta	Diferença	Emissões CO ₂	Redução
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]	[ton]	emissões CO ₂
					[%]
Elettricidade	1 398 535	1 398 535	0	503	
Gás Natural	2 237 762	2 158 595	-4	436	-2
TOTAL	3 636 297	3 557 293	-2	939	

De forma a avaliar a viabilidade económica foi feita uma pesquisa de preços de coberturas, variando conforme o tipo de material, se é automática ou manual e ainda a geometria da piscina.

Para a cobertura de bolhas os preços para uma piscina de 80 m² são de 1 289€, assim para a área da piscina do hotel o custo é aproximadamente de 1 611,25€. Resultando num período de retorno de 1 ano. Para a cobertura de espuma os preços rondam os 51,01€/m², resultando para a piscina do hotel um investimento de 4 863€, o que se traduz num período de retorno de 2 anos, tabela 39.

Tabela 39. Período de retorno pela colocação da cobertura da piscina.

Tipo de cobertura	Economia anual	Economia anual	Investimento	Período de retorno
	[kWh/ano]	[€/ano]	[€]	[anos]
Bolhas	79 166	2 929	1 611	1
Espuma			4 863	2

A desvantagem desta medida prende-se pelo facto da necessidade de ser eleito um funcionário responsável para que todos os dias de manhã e à noite retire e coloque a cobertura. Em termos de período de retorno o investimento é viável para a cobertura de espuma que tem um tempo de vida útil maior.

5.8. Redutores de caudal

Havendo uma redução no consumo de água nos banhos, existe automaticamente uma redução no consumo de energia para aquecer essa água. Como descrito na revisão da literatura, os redutores de caudal são um dispositivo com poupanças a rondar os 40%, para o presente caso a redução imediata nas AQS é de 38%, tabela 40.

Tabela 40. Consumos com a colocação de redutores de caudal.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]
Equipamentos elétricos	491 652	491 641	0
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	384 826	0
Ventiladores	83 855	83 854	0
Bombas	21 724	21 723	0
Aquecimento	1 543 834	1 543 857	0
Arrefecimento	407 020	407 219	0
AQS	214 229	133 251	-38
Aquecimento água piscina	139 647	139 647	0
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

No total esta redução é de 2% nos consumos e nas emissões CO₂, tabela 41.

Tabela 41. Consumo atual e com a colocação de redutores de caudal, assim como a redução das emissões.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO₂ [ton]	Redução emissões CO₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	1 398 498	0	503	-2
Gás Natural	2 237 762	2 156 537	-4	436	
TOTAL	3 636 297	3 555 035	-2	939	

O redutor de caudal escolhido tem um custo de 5,99€ com 3 filtros, sendo necessários 172 redutores para todos os chuveiros de todos os quartos, o investimento é de 343,43€ e o período de retorno é de aproximadamente 1 mês, tabela 42.

Tabela 42. Período de retorno com a colocação de redutores de caudal.

Economia anual [kWh/ano]	Economia anual [€/ano]	Investimento [€]	Período de retorno [meses]
81 262	3 009	343,43	1,4

5.9. Colocação de painéis fotovoltaicos

Com a proposta de cobrir com painéis fotovoltaicos a área disponível da ala norte e sul, estes estariam a produzir 102MWh/ano, significando uma redução de eletricidade em 7%. No total dos consumos a redução é de 3% e 4% nas emissões, tabela 43.

Tabela 43. Consumo do edifício com a colocação de painéis fotovoltaicos.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO₂ [ton]	Redução emissões CO₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	1 296 535	-7	467	-4
Gás Natural	2 237 762	2 237 762	0	452	
TOTAL	3 636 297	3 534 297	-3	919	

Para esta proposta são necessários 255 painéis, sendo o investimento inicial de 81 439€ a somar os 11 800€ de custos de engenharia, resultando num total de 93 239€. Com uma economia anual de 10 506€ o retorno do investimento é feito em 10 anos, tabela 44.

Tabela 44. Período de retorno com a colocação de painéis fotovoltaicos.

Economia anual [kWh/ano]	Economia anual [€/ano]	Investimento [€]	Período de retorno [anos]
102 000	10 506	93 239	10

Sucedeu-se o estudo da colocação dos painéis adotando as medidas sem investimento referidas no subcapítulo 5.5. Resulta uma redução de 23% no consumo total de energia e de 25% nas emissões, tabela 45.

Tabela 45. Consumo de edifício com a colocação de painéis e as alterações comportamentais.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO ₂ [ton]	Redução emissões CO ₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	983 821	-30	354	-24
Gás Natural	2 237 762	1 841 828	-18	372	
TOTAL	3 636 297	2 825 649	-22	726	

O investimento é o mesmo, a economia anual aumenta para 83 497€, caindo o retorno do investimento para 2 anos, tabela 46.

Tabela 46. Período de retorno com a colocação de painéis e as alterações comportamentais.

Redução de consumo [kWh/ano]	Economia [€/ano]	Investimento [€]	Período de retorno [anos]
810 648	83 497	93 239	2

5.10. Substituição das caldeiras

Após implementação das características das caldeiras no *software* DesignBuilder analisou-se a influência que estas têm em comparação com a situação atual. A substituição das caldeiras traduz-se numa diminuição dos consumos no aquecimento ambiente, nas AQS e na AQ da piscina, tabela 47.

Tabela 47. Consumos com a troca das caldeiras.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]
Equipamentos elétricos	491 652	491 634	0
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	384 685	0
Ventiladores	83 855	83 852	0
Bombas	21 724	21 724	0
Aquecimento	1 543 834	638 185	-59
Arrefecimento	407 020	407 505	0
AQS	214 229	213 875	-0,2

Tabela 47 (continuação). Consumos com a troca das caldeiras.

	Atual	Proposta	Diferença
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]
Aquecimento água piscina	139 647	131 539	-6
Iluminação exterior	9 150	9150	0

No total as reduções são de 25% nos consumos e de 19% das emissões de CO₂, tabela 48.

Tabela 48. Consumo do edifício com a troca das caldeiras.

	Atual	Proposta	Diferença	Emissões	Redução
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]	CO₂ [ton]	emissões
					CO₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	1 398 636	0	503	-19
Gás Natural	2 237 762	1 323 649	-41	267	
TOTAL	3 636 297	2 590 746	-25	771	

Feita uma análise energética, importa ainda fazer uma análise económica de modo a verificar a viabilidade do investimento. Sendo este de 51 996€, a obter uma economia anual de 31 756€, resulta num período de retorno de 1 ano e 8 meses, tabela 49. Investimento justificável pela poupança significativa e pelo período de retorno atrativo.

Tabela 49. Período de retorno pela alteração das caldeiras.

Economia anual	Economia anual	Investimento	Período de
[kWh/ano]	[€/ano]	[€]	retorno [anos]
914 700	31 756	51 996	1,6

5.11. Conjugação das medidas com investimento

O resultado da conjugação das medidas pela alteração de equipamentos tem as reduções por utilização final ao nível da iluminação, da climatização, no aquecimento da água da piscina interior e nas AQS, tabela 50.

Tabela 50. Consumo das medidas com investimento.

	Atual	Proposta	Diferença
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]
Equipamentos elétricos	491 652	491 652	0

Tabela 50 (continuação). Consumo das medidas com investimento.

	Atual	Proposta	Diferença
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	58 747	-85
Ventiladores	83 855	83 855	0
Bombas	21 724	21 724	0
Aquecimento	1 543 834	652 524	-58
Arrefecimento	407 020	383 330	-6
AQS	214 229	133 174	-38
Aquecimento água piscina	139 647	122 564	-12
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

No total do edifício as diferenças são em ambas as formas de energia, com uma redução maior no gás natural de 44% e de 32% para a eletricidade, o que representa uma redução de 40% dos consumos totais e 38% nas emissões de CO₂, cerca de 363 toneladas por ano, tabela 51.

Tabela 51. Consumo do edifício com as medidas materiais.

	Atual	Proposta	Diferença	Emissões	Redução
	[kWh/ano]	[kWh/ano]	[%]	CO₂ [ton]	emissões
					CO₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	946 610	-32	341	
Gás Natural	2 237 762	1 248 317	-44	252	-38
TOTAL	3 636 297	2 194 924	-40	592	

O investimento para a tecnologia LED, para os redutores de caudal, para os painéis fotovoltaicos, para as caldeiras e para a cobertura da piscina é de 162 849€, resultando uma economia anual de 81 129€, que representa um período de retorno de 2 anos, tabela 52.

Tabela 52. Período de retorno das medidas materiais.

Economia anual	Economia anual	Investimento	Período de
[kWh/ano]	[€/ano]	[€]	retorno [anos]
1 441 373	81 129	162 849	2

5.12. Conjugação de todas as medidas

Com a conjugação de todas as medidas as reduções são visíveis em todos os consumos por utilização final, exceto nos equipamentos a gás e na iluminação exterior, tabela 53.

Tabela 53. Consumos com a conjugação de todas as medidas.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]
Equipamentos elétricos	491 652	489 965	-0,3
Equipamentos a gás	340 051	340 051	0
Iluminação	385 048	53 823	-86
Ventiladores	83 855	73 657	-12
Bombas	21 724	20 239	-7
Aquecimento	1 543 834	504 984	-67
Arrefecimento	407 020	238 633	-41
AQS	214 229	133 240	-38
Aquecimento água piscina	139 647	50 067	-64
Iluminação exterior	9 150	9 150	0

A redução total do consumo é de 51%, metade dos consumos atuais. As emissões de CO₂ reduzem em 49%, ou seja, cerca de 485 toneladas por ano, tabela 54.

Tabela 54. Consumo do edifício com a conjugação de todas as medidas.

	Atual [kWh/ano]	Proposta [kWh/ano]	Diferença [%]	Emissões CO ₂ [ton]	Redução emissões CO ₂ [%]
Eletricidade	1 398 535	783 702	-44	282	-49
Gás Natural	2 237 762	1 028 342	-54	208	
TOTAL	3 636 297	1 812 044	-50	490	

O investimento é o mesmo que a conjugação das medidas pela alteração de equipamentos, sendo que a economia anual aumenta para 108 442€, o que se traduz num período de retorno de 1 ano e 5 meses, tabela 55.

Tabela 55. Período de retorno com a conjugação de todas as medidas.

Economia anual [kWh/ano]	Economia anual [€/ano]	Investimento [€]	Período de retorno [anos]
1 824 253	108 443	162 849	1,5

6. Conclusão

O projeto recaiu sobre um hotel de cinco estrelas localizado em Viseu, uma das principais unidades hoteleiras do grupo Visabeira turismo. Assim, fez-se um levantamento de todos os consumidores de energia e realizou-se uma análise aos consumos e às taxas de ocupação do ano de referência (2016), dados que foram disponibilizados pela empresa que me acolheu. Foi ainda possível observar que a taxa de ocupação aumentou cerca de 3% do ano 2015 para 2016 e que os principais consumidores de energia são o gás natural e a eletricidade, sendo o consumo de gás natural bem mais elevado. Mas que em termos de gastos a eletricidade responde pela maioria, com 135 015€, cerca de 60% das despesas.

Após a recolha de todos os dados necessários iniciou-se a modelação do edifício no *software* de maneira a obter resultados fazendo simulações. Resultando que o maior consumidor por utilização final de energia no hotel é relativo à climatização, aos equipamentos elétricos (onde estão incluídas as câmaras de congelação e refrigeração e ainda os elevadores) e iluminação. Ao nível de GEE o edifício emitiu cerca de 955 toneladas de CO₂ equivalente.

6.1. Conclusões gerais

Com o setor hoteleiro a ter uma parcela significativa no consumo de energia é necessário a reabilitação destes edifícios propondo medidas de eficiência energética. As melhorias propostas no MVCH passaram por medidas simples que podem ser classificadas em comportamentos, medidas sem a necessidade de investimento inicial e pela alteração de equipamentos, medidas em que é necessário um certo investimento inicial.

Por medidas sem investimento foram adotadas a alteração da taxa de renovação da água da piscina, a alteração da temperatura da água da piscina, a alteração de comportamentos e a alteração do horário de algumas UTA's. Estas foram pensadas de modo a não resultar em investimentos demasiado elevados. Na conjugação destas medidas, a redução total é de 20% nos consumos, de 20% nas emissões e de 21% na fatura energética.

Por medidas com investimento foram adotadas a alteração da iluminação atual para a tecnologia LED, a colocação de uma cobertura para a piscina interior, redutores de caudal nos

quartos, painéis fotovoltaicos na cobertura e a troca das caldeiras atuais por umas de condensação. Apesar de ser necessário um certo tipo de investimento, as reduções são visíveis em cerca de 40% nos consumos, de 38% nas emissões e de 36% na fatura energética, cerca de 84 129€/ano.

Das várias propostas apresentadas, a que mais se destaca é a substituição das caldeiras existentes por umas de condensação. As reduções são em cerca de 25% nos consumos, de 19% nas emissões de CO₂ e de 14% na fatura energética. O retorno do investimento é recuperável num período atrativo de 1 ano e 8 meses.

Ainda, a adoção de todas as medidas referidas trará maiores e melhores vantagens. Reduções em cerca de 50% nos consumos, de 49% nas emissões e de 48% na fatura energética, cerca de 108 443€/ano.

De facto, um maior investimento leva a poupanças maiores e que conjugado com pequenas ações, por vezes sem investimento, trás benefícios. A escolha das propostas de reabilitação energética deve ter sempre em conta o investimento, a poupança e o período de retorno.

6.2. Propostas futuras

Como os hóspedes exigem quartos que ofereçam o maior conforto possível, é importante manter ou mesmo aumentar o nível de satisfação dos clientes de maneira a que melhore a experiência e a vontade de voltar ao hotel [49]. Os sistemas de controlo apropriados permitem identificar quando os quartos estão vazios ou ocupados, de modo ajustar os níveis de climatização para reduzir o consumo nas horas em que os quartos não estão a ser utilizados e oferecer maior conforto nas horas em que os hóspedes estão presentes [49]. A implementação de um sistema de gestão de edifícios e de um sistema de gestão de equipamentos é a solução para antecipar e automatizar a chegada ou partida de um hóspede [49].

Assim, tendo em conta a dimensão do edifício e o sistema AVAC seria vantajoso a utilização de um sistema de gestão técnica centralizado, de forma a monitorizar, controlar, comandar e gerir, de forma integrada e otimizada, as várias instalações existentes, como a climatização, as AQS, monitorização de energia, iluminação, segurança e sistemas de produção de energia elétrica [47].

A redução dos desperdícios energéticos são um dos pontos fortes num sistema destes, onde pela monitorização energética, de equipamentos e instalações, análise de padrões

comportamentais e pela gestão da manutenção e das diversas cargas da instalação, é possível uma otimização dos processos [47].

Poderia ainda ser feita a análise de coberturas ajardinadas. É um tipo de cobertura já usado em diversas cidades a nível nacional e internacional, com benefícios para isolamento acústico, conforto térmico, resistência ao fogo, redução dos GEE, novos habitats para plantas e animais e ainda benefícios estéticos por aumento da área verdes [48].

Bibliografia

- [1] P. Bohdanowicz and I. Martinac, "Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels-Case study of Hilton International and Scandic in Europe," *Energy Build.*, vol. 39, no. 1, pp. 82–95, 2007.
- [2] Agência Europeia do Ambiente, "Alterações climáticas," 2016. [Online]. Available: <http://www.eea.europa.eu/pt/themes/climate/intro#tab-ver-também>. [Accessed: 27-Dec-2016].
- [3] M. Molina-Solana, M. Ros, M. D. Ruiz, J. Gómez-Romero, and M. J. Martín-Bautista, "Data Science for Building Energy Management: a Review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 70, no. May 2016, pp. 598–609, 2017.
- [4] F. AlFaris, A. Juaidi, and F. Manzano-Agugliaro, "Energy retrofit strategies for housing sector in the arid climate," *Energy Build.*, vol. 131, pp. 158–171, 2016.
- [5] M. Salari and R. J. Javid, "Modeling household energy expenditure in the United States," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 69, no. October 2016, pp. 822–832, 2017.
- [6] M. Vellei *et al.*, "Overheating in vulnerable and non-vulnerable households," *Build. Res. Inf.*, vol. 3218, no. January, pp. 1–17, 2016.
- [7] A. Ganhão, "Construção Sustentável - Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação." Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.
- [8] ADENE, "Guia Da Eficiência Energética," *Guia Da Eficiência Energética*, 2012. [Online]. Available: http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee_v1310.pdf. [Accessed: 03-Jan-2017].
- [9] L. Silva, "Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020)," *6º Workshop da Plataforma do Empreendedor*, 2010. [Online]. Available: http://www.empreender.aip.pt/irj/go/km/docs/site-manager/www_empreender_aip_pt/conteudos/pt/centrodocumentacao/Centro de Documentação/Apresentações dos Workshops 2010/6º Workshop - Sector da Energia!/6º workshop - ADENE - Luís Silva.pdf. [Accessed: 03-Jan-2017].
- [10] J. V. Ferreira and I. Domingos, "Assessment of Portuguese thermal building legislation in an energetic and environmental perspective," *Energy Build.*, vol. 43, no. 12, pp. 3729–3735, 2011.
- [11] Eurostat, "Greenhouse Gas Emissions, Base Year 1990," 2017. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/web/_download/Eurostat_Table_t2020_30PDFDesc_b692611b-65b9-43d0-9bb1-b5d3874bed95.pdf. [Accessed: 27-Jan-2017].
- [12] M. Ferreira, M. Almeida, and A. Rodrigues, "Cost-optimal energy efficiency levels are the first step in achieving cost effective renovation in residential building with a nearly-zero energy target," *Energy Build.*, vol. 133, pp. 724–737, 2016.
- [13] C. Becchio, S. P. Corgnati, C. Delmastro, V. Fabi, and P. Lombardi, "The role of nearly-Zero Energy Buildings in the definition of Post - Carbon Cities," *Energy Procedia*, vol. 0, pp. 687–

- 692, 2015.
- [14] U. Europeia, "Directiva 2010/31/UE," *J. Of. da União Eur.*, pp. 13–35, 2010.
 - [15] A. Figueiredo, J. Kämpf, and R. Vicente, "Passive house optimization for Portugal: Overheating evaluation and energy performance," *Energy Build.*, vol. 118, pp. 181–196, 2016.
 - [16] J. Bernardo and DGEG, "Estratégia para a Eficiência Energética nos Edifícios Públicos". Lisboa: 2015.
 - [17] D. A. Chwieduk, "Towards modern options of energy conservation in buildings," *Renew. Energy*, vol. 101, pp. 1194–1202, 2017.
 - [18] J. P. González and C. Yousif, "Prioritising energy efficiency measures to achieve a zero net-energy hotel on the island of Gozo in the central Mediterranean," in *Energy Procedia*, 2015, vol. 83, pp. 50–59.
 - [19] T. Loga *et al.*, "Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stocks. Existent Experiences in European Countries and Common Approach: First TABULA Synthesis Report," *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment*, 2010. [Online]. Available: http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/report/TABULA_SR1.pdf.
 - [20] L. Filogamo, G. Peri, G. Rizzo, and A. Giaccone, "On the classification of large residential buildings stocks by sample typologies for energy planning purposes," *Appl. Energy*, vol. 135, pp. 825–835, 2014.
 - [21] A. Salehi, I. Torres, and A. Ramos, "Computing the thermal energy performance of building by virtue of building dimensional typology," *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 1063–1068, 2015.
 - [22] S. Fonseca, "Caracterização do Consumo de Energia no Sector Residencial em Portugal". Lisboa: Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015.
 - [23] A. do C. P. Lopes, D. Oliveira Filho, L. Altoe, J. C. Carlo, and B. B. Lima, "Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil compared to the United States' and Portugal's," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 66, pp. 207–219, 2016.
 - [24] J. de J. da C. Gomes, "Simulação dinâmica detalhada de um grande edifício no âmbito do RSECE," Universidade do Minho, 2012.
 - [25] Diário da República, "Decreto-Lei n.º 79/2006," *Série-A 67*. pp. 2416–2468, 2006.
 - [26] D. da República, "Decreto-Lei Nº118/2013," *Série-A 67*. pp. 4988–5005, 2013.
 - [27] Eurostat, "Energy dependence," 2012. [Online]. Available: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdcc310&language=en>. [Accessed: 10-Mar-2017].
 - [28] F. Brandão, "Eficiência e Gestão Energética dos Edifícios Municipais de Matosinhos". Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
 - [29] Eurostat, "Share of renewable energy in gross final energy consumption - Indicator Assessment," *Eurostat*, 2017. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020>

- _31&plugin=1. [Accessed: 11-Apr-2017].
- [30] Eurostat, "Final Energy Consumption BY SECTOR," 2017. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdpc320&language=en>. [Accessed: 27-Jan-2017].
- [31] Eurostat, "Final energy consumption by sector," 2017. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsdpc320>. [Accessed: 28-Jan-2017].
- [32] S. Önüt and S. Soner, "Energy efficiency assessment for the Antalya Region hotels in Turkey," *Energy Build.*, vol. 38, no. 8, pp. 964–971, 2006.
- [33] Enforce, "Perspetivar 2020 – Turismo e Eficiência na utilização dos recursos", 2015.
- [34] Pordata, "Página 1 de 3." [Online]. Available: <http://www.pordata.pt/Portugal/Estabelecimentos+hoteleiros+total+e+por+tipo+de+estabelecimento-2562>. [Accessed: 30-Mar-2017].
- [35] A. M. Sousa, "Análise energética de uma unidade hoteleira do Algarve - Caso de estudo real marina hotel". Algarve: Universidade do Algarve, 2015.
- [36] V. Mota, "Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros Caso de Estudo : Estalagem Casa João Chagas - Constância". Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2014.
- [37] J. J. Cabello Eras, V. Sousa Santos, A. S. Gutiérrez, M. Á. Guerra Plasencia, D. Haeseldonckx, and C. Vandecasteele, "Tools to improve forecasting and control of the electricity consumption in hotels," *J. Clean. Prod.*, vol. 137, pp. 803–812, 2016.
- [38] J. B. R. de Almeida, "Sustentabilidade em Hotelaria". Lisboa: Universidade Europeia, 2016.
- [39] V. Martinaitis, E. K. Zavadskas, V. Motuzienė, and T. Vilutienė, "Importance of occupancy information when simulating energy demand of energy efficient house: A case study," *Energy Build.*, vol. 101, pp. 64–75, 2015.
- [40] A. Mahdavi and F. Tahmasebi, "On the quality evaluation of behavioural models for building performance applications," *J. Build. Perform. Simul.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–11, 2016.
- [41] B. Gonçalves, "Simulação Dinâmica do Comportamento Térmico do Sheraton Lisboa Hotel & SPA". Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2010.
- [42] P. Luz, "Metodologia integrada de gestão de energia em hotelaria Engenharia Mecânica". Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2015.
- [43] I. A. D. F. Pinto, "Projeto de AVAC e Classificação Energética de uma cafetaria". Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013.
- [44] M. J. S. Oliveira, "Sistema de Aquecimento Solar das Piscinas da C. M. de Penacova e Respetivas I.S.," Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2014.
- [45] L. G. Caldas, "Gestão Energética e de Água dos Edifícios dos Palácios de Justiça". Lisboa: Faculdade de arquitectura, 2010.
- [46] J. P. F. Apolinário, "Eficiência Energética em Complexos de Piscinas Interiores : Complexo de Piscinas Rui Abreu". Coimbra: Universidade de Coimbra, 2015.

- [47] F. E. dos S. Nogueira, “Projeto de sistema de gestão técnica centralizada integrando smart panels - edifício comercial como caso de estudo”. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015.
- [48] C. Isabel da Rocha Correia Pinto, “INTRODUÇÃO ÀS COBERTURAS”. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
- [49] *Hotéis conectados: o caminho para o sucesso*. Disponível em: <http://www.energiainteligente.pt/2016/04/05/hoteis-conectados-o-caminho-para-o-sucesso/>. Acedido a 11 de Setembro 2017.

Apêndices

Apêndice A – Unidades de tratamento de ar identificadas

Tabela 56. Unidades de tratamento de ar identificadas e respetivo horário.

UTA	Compartimentos	Horário
UTA 1.1	Sala Caramulo	Conforme ocupação
UTA 1.2	Hall piso 0	24h
UTA 1.3	Restaurante	5:00h-10:00h
		11:00h-15:00h
		18:00h-22:00h
UTA 1.4	Lobby bar	24h
UTA 1.5	Sala Estrela	10:00h-01:30h
UTA 1.6	Átrio salas piso -1	24h
UTA 2.1	Restaurante	5:00h-10:00h
		11:00h-15:00h
		18:00h-22:00h
UTA 2.2	Sala Gralheira	Conforme ocupação
UTA 2.3	Sala Montemuro	Conforme ocupação
UTA 2.4	Sala Bigorne	Conforme ocupação
UTA 2.7	Sala Leomil e Iapa	Conforme ocupação
UTA 2.8	Lobby bar	24h
UTA 2.12	Sala Nave	Conforme ocupação
UTAN 1	Quartos - ala sul	Desligada
UTAN 2	Quartos – ala norte	Desligada
UTAN 3	Quartos – ala poente	Desligada
UTAN 7	Ginásio	6:00h-23:00h
UTAN 13	Refeitório Pessoal	7:30h-13:00h
		17:00h-20:00h

Tabela 57. Caudais de ar das UTA's identificadas.

UTA	Ar novo [m³/h]	Ventilador insuflação [kW]	Ar Insuflado [m³/h]	Ventilador extração [kW]	Ar retirado [m³/h]
UTA 1.1	-	3	10000	0	0
UTA 1.2	-	3	10000	0	0
UTA 1.3	-	4	13500	0	0
UTA 1.4	-	0,75	3000	0	0
UTA 1.5	-	3	10000	0	0
UTA 1.6	-	2,2	8247	0	0
UTA 2.1	6170	1,55	8820	0	0
UTA 2.2	2226	1,64	7421	0,54	5195
UTA 2.3	2890	2,21	3620	0,74	6730
UTA 2.4	2075	1,39	6912	0,56	4837
UTA 2.7	2992	2,3	9982	0,73	6988
UTA 2.8	3910	1,35	5586	0	3910
UTA 2.12	1440	1,05	4800	0,34	3360
UTAN 1	4125	0,65	4125	0	0
UTAN 2	4125	0,65	4125	0	0
UTAN 3	4125	0,65	4125	0	0
UTAN 7	-	0,48	1920	0	0
UTAN 13	-	0,64	2550	0	0

Apêndice B - Zoneamento do edifício por piso

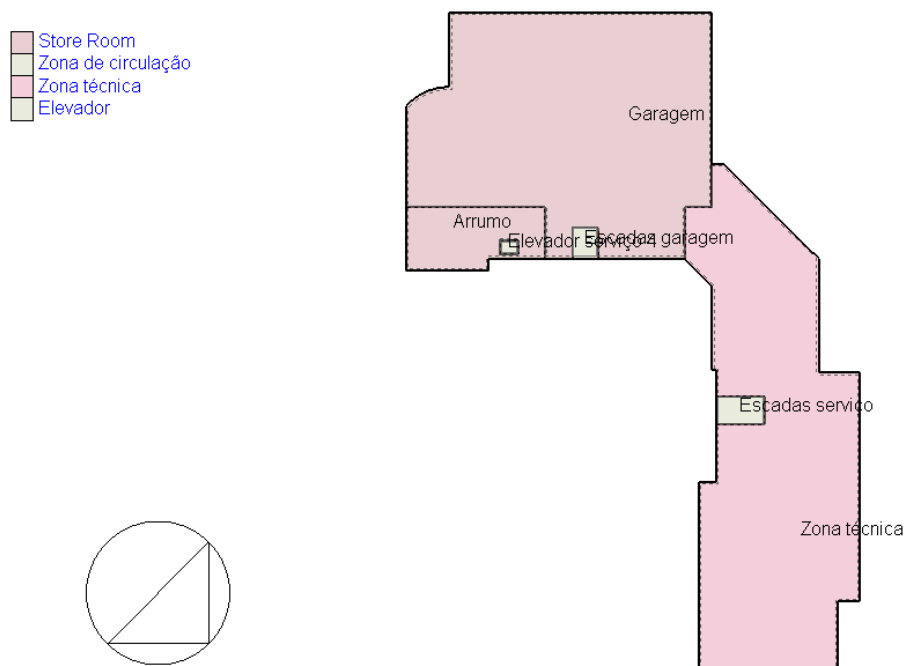


Figura 10. Zoneamento do piso -2.

Tabela 58. Área das zonas do piso -2.

Piso	Zona	Área (m ²)
-2	Garagem	1346,653
	Zona técnica	1363,228
	Arrumo	171,767
	Escadas garagem	16,73
	Balneários exteriores	28,971

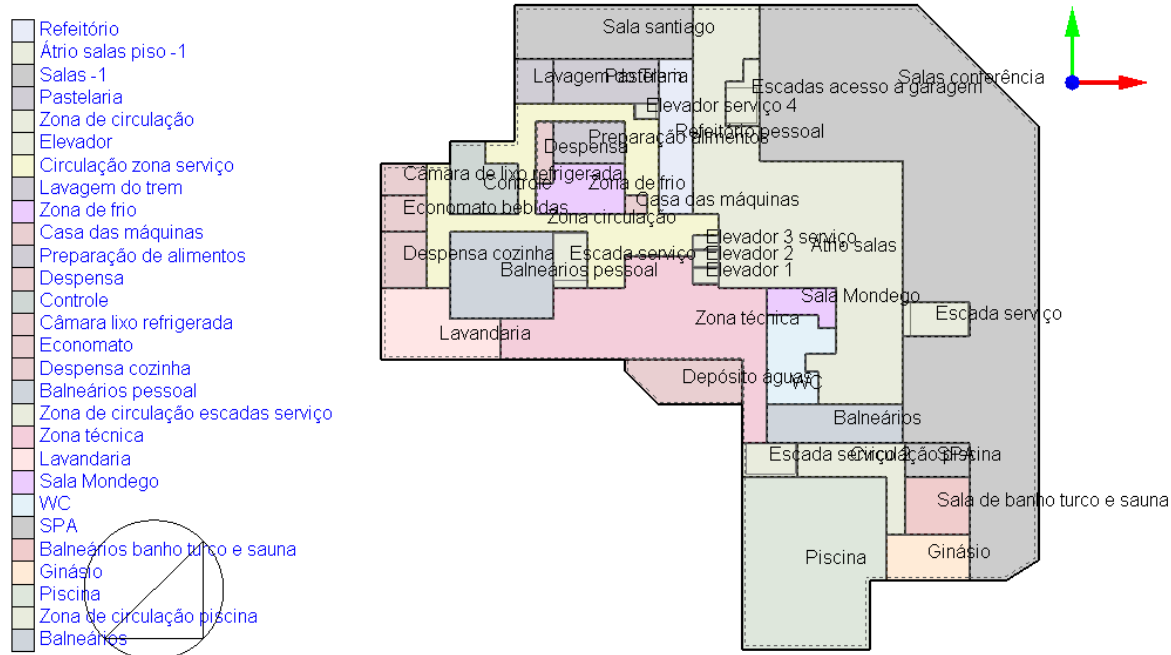


Figura 11. Zoneamento do piso -1.

Tabela 59. Área das zonas do piso -1.

Piso	Zona	Área (m²)
-1	Zona técnica	290,085
	Circulação	252,741
	Refeitório do pessoal	69,964
	Balneários do pessoal	120,223
	Câmara do lixo refrigerada	18,993
	Despensa cozinha	33,793
	Lavandaria	92,686
	Controle	56,763
	Zona de frio	55,33
	Lavagem do trem	22,788
	Preparação de alimentos	40,215
	Despensa	13,702
	Pastelaria	62,688
	Economato bebidas	22,183
	Casa das máquinas	4,75

Tabela 59 (continuação). Área das zonas do piso -1.

Piso	Zona	Área (m²)
-1	Átrio salas conferência	564,384
	Salas Conferência	1085,55
	Sala Santiago	128,263
	Sala Mondego	28,635
	WC	65,019
	Escada serviço 1	23,497
	Escada serviço 2	22,08
	Circulação piscina	63,908
	SPA	29,038
	Balneários	70,013
	Sala Banho turco e sauna	49,746
	Ginásio	50,444
	Piscina interior	316,253

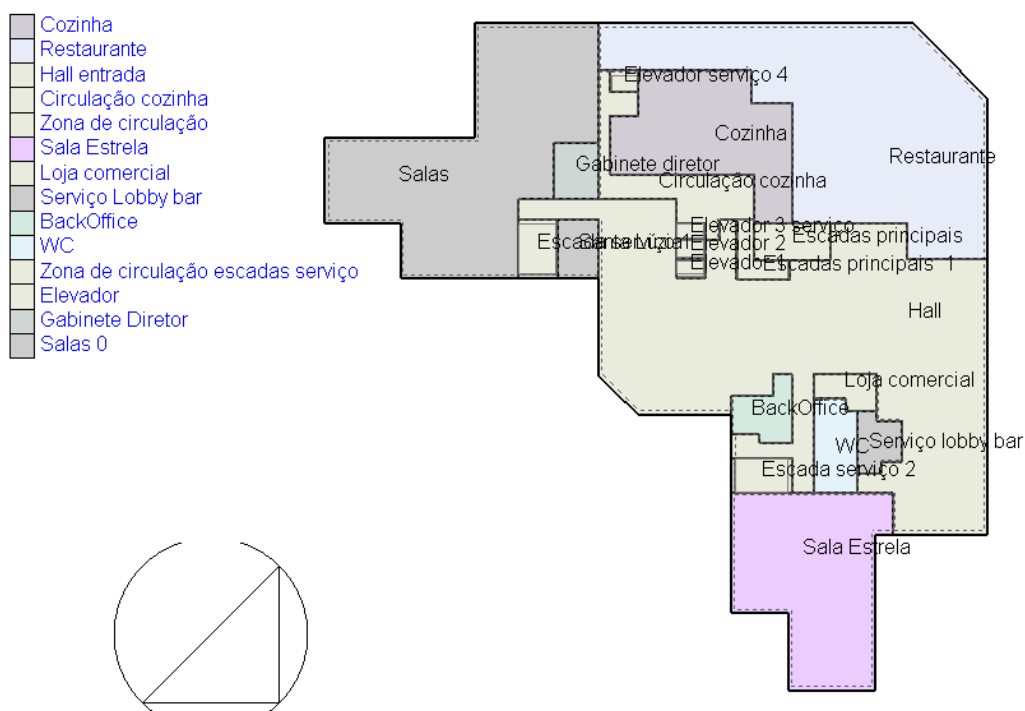


Figura 12. Zoneamento do piso 0.

Tabela 60. Área das zonas do piso 0.

Piso	Zona	Área (m²)
0	Salas Conferência	416,377
	Sala Santa Lúzia	25,629
	Sala Estrela	259,322
	Backoffice	31,774
	WC	41,074
	Restaurante	520,824
	Gabinete Diretor	26,79
	Circulação Cozinha	79,303
	Cozinha	191,606
	Hall	824,152
	Lobby bar	24,379
	Loja comercial	20,379

- Zona de circulação
- Quartos
- Zona de circulação escadas serviço
- Elevador

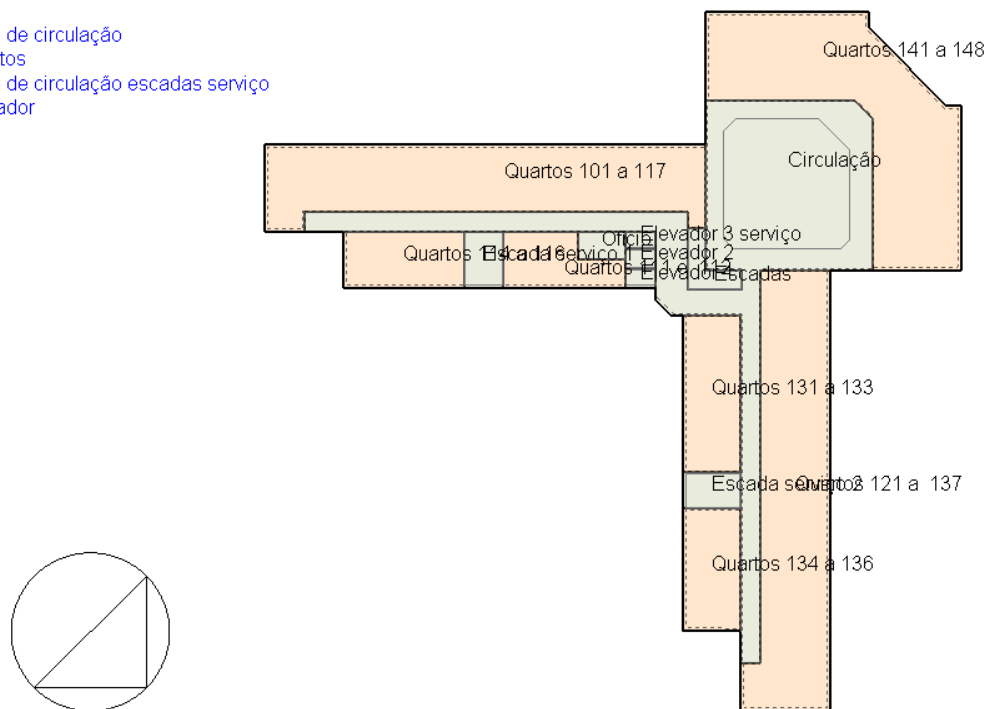


Figura 13. Zoneamento do piso 1.

Tabela 61.Área das zonas do piso 1.

Piso	Zona	Área (m²)
1	Quartos 101 a 117	309,687
	Quartos 111 e 112	55,602
	Quartos 114 a 116	67,666
	Quartos 121 a 137	315,436
	Quartos 131 a 133	91,194
	Quartos 134 a 136	71,044
	Quartos 141 a 148	321,032
	Circulação	475,708
	Ofício	12,78

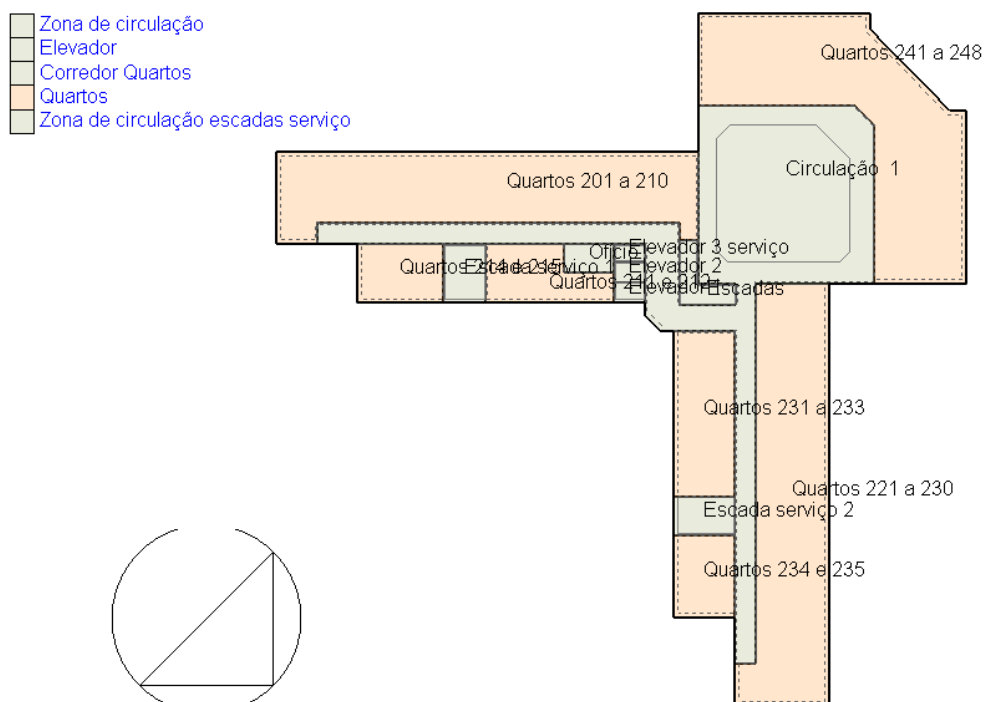


Figura 14. Zoneamento do piso 2.

Tabela 62. Área das zonas do piso 2.

Piso	Zona	Área (m ²)
2	Quartos 201 a 210	283,358
	Quartos 211 e 212	55,334
	Quartos 214 e 215	45,832
	Quartos 221 a 230	286,457
	Quartos 231 a 233	91,194
	Quartos 234 a 235	45,592
	Quartos 241 a 248	321,032
	Circulação	461,31
	Ofício	12,78

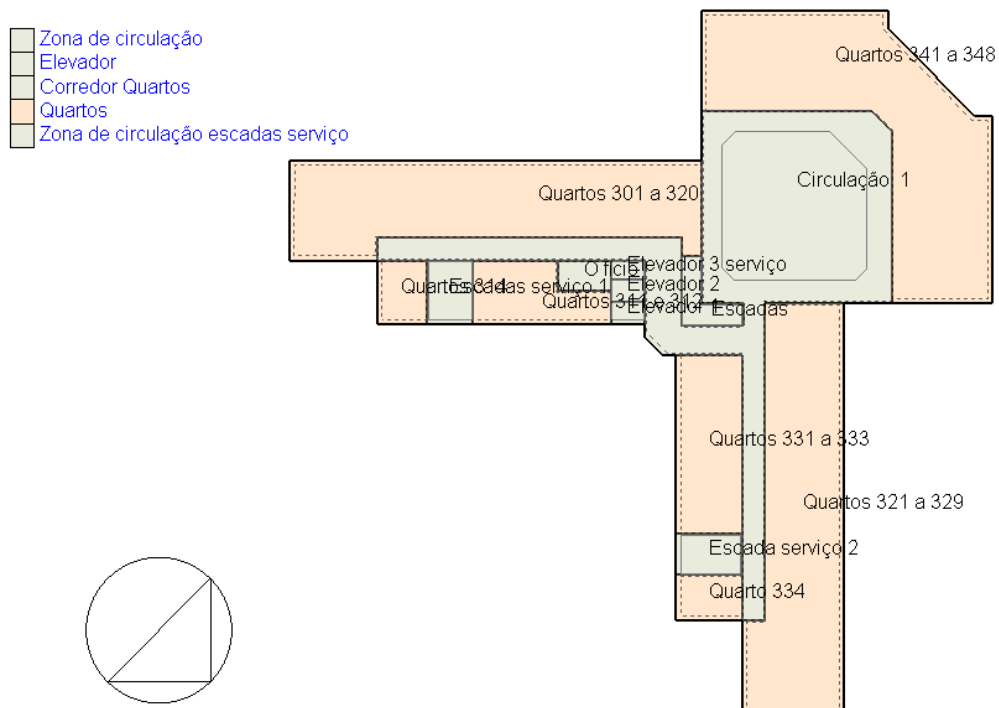


Figura 15. Zoneamento do piso 3.

Tabela 63. Área das zonas do piso 3.

Piso	Zona	Área (m ²)
3	Quartos 301 a 320	246,489
	Quartos 311 e 312	55,364
	Quarto 314	24,622
	Quartos 321 a 329	266,927
	Quartos 331 a 333	91,194
	Quartos 334	23,416
	Quartos 341 a 348	321,032
	Circulação	429,718
	Ofício	12,78

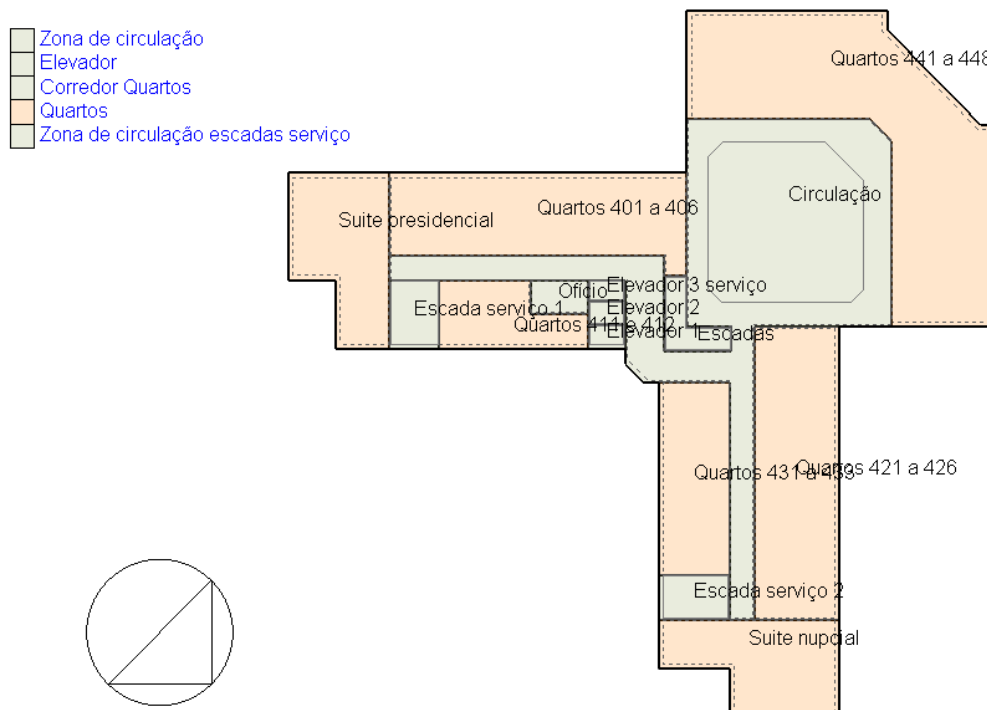


Figura 16. Zoneamento do piso 4.

Tabela 64. Área das zonas do piso 4.

Piso	Zona	Área (m²)
4	Quartos 401 a 406	167,314
	Quartos 411 e 412	55,303
	Quarto 420 (Suite presidencial)	97,268
	Quartos 421 a 426	165,756
	Quartos 431 a 433	91,194
	Quarto 440 (Suite nupcial)	93,62
	Quartos 441 a 448	321,032
	Circulação	412,853
	Ofício	12,78

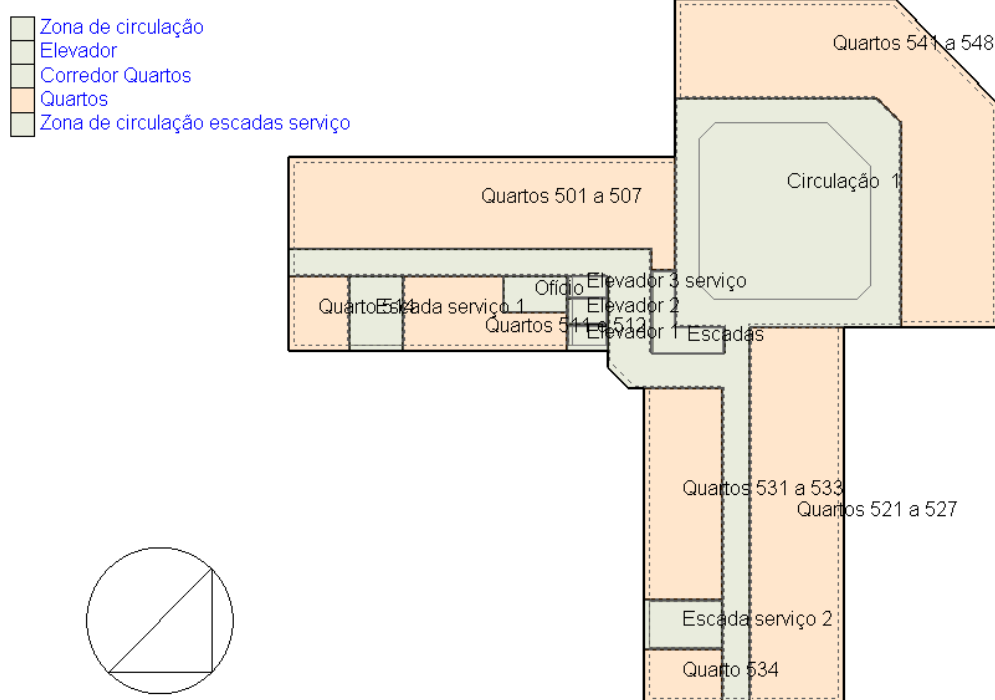


Figura 17. Zoneamento do piso 5.

Tabela 65. Área das zonas do piso 5.

Piso	Zona	Área (m ²)
5	Quartos 501 a 507	197,142
	Quartos 511 e 512	55,194
	Quarto 514	24,767
	Quartos 521 a 527	192,981
	Quartos 531 a 533	91,194
	Quarto 534	23,416
	Quartos 541 a 548	270,105
	Circulação	407,258
	Ofício	12,78

Zona de circulação
 Quartos
 Elevador

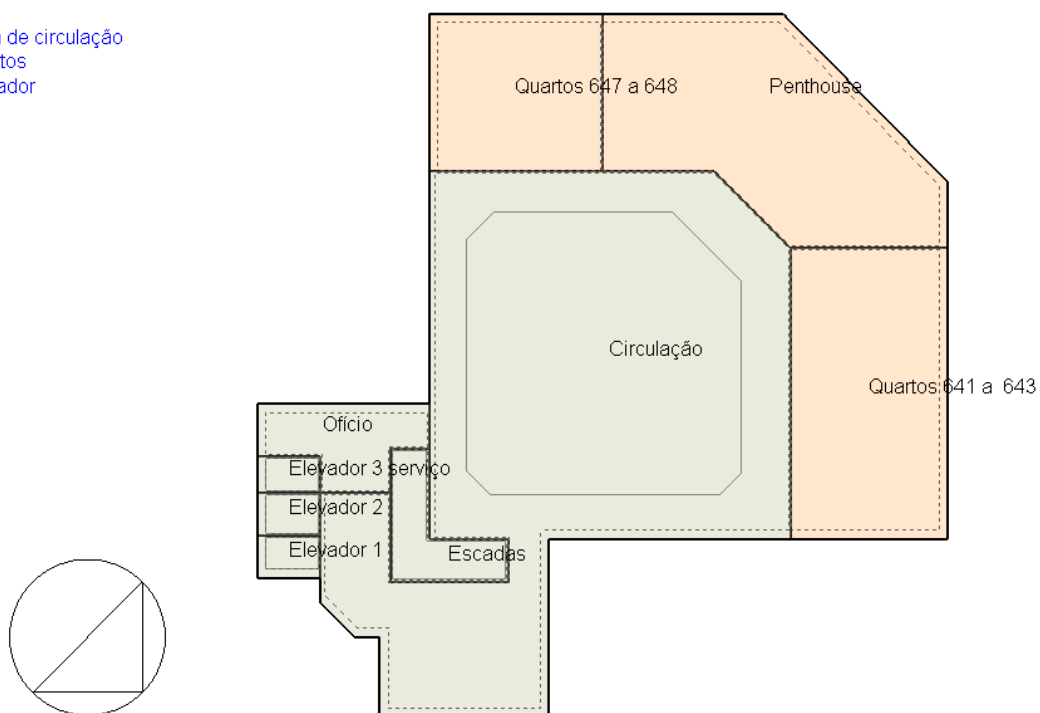


Figura 18. Zoneamento do piso 6.

Tabela 66. Área das zonas do piso 6.

Piso	Zona	Área (m ²)
6	Quartos 641 a 643	88,738
	Quartos 647 e 648	58,313
	Penthouse	127,688
	Circulação	348,579
	Ofício	23,974

Quartos
Corredor Quartos

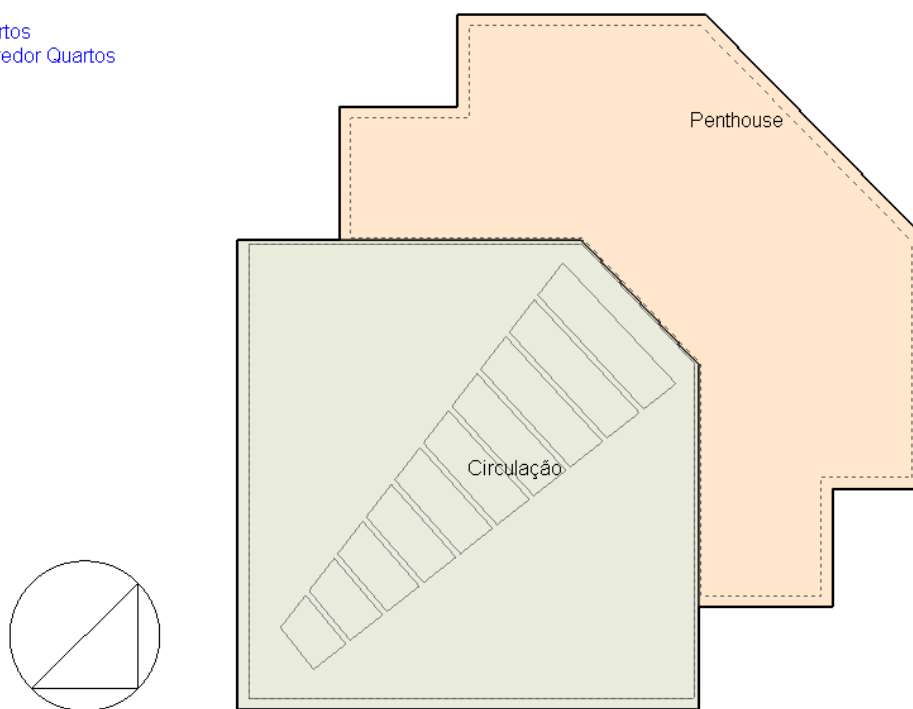


Figura 19. Zoneamento da penthouse.

Tabela 67. Área das zonas da penthouse.

Piso	Zona	Área (m ²)
7	Penthouse	213,878

Apêndice C – Taxas de ocupação por espaço

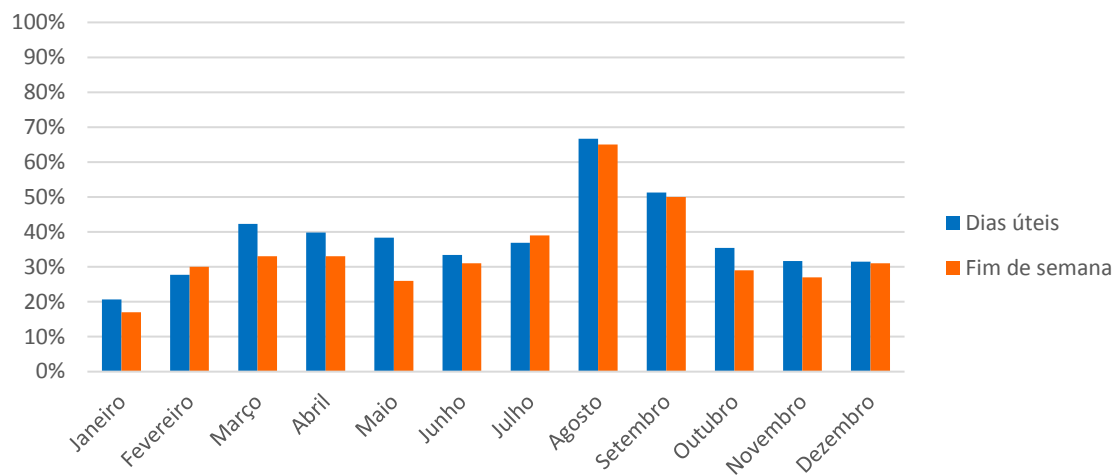


Gráfico 9. Perfil de ocupação dos quartos.

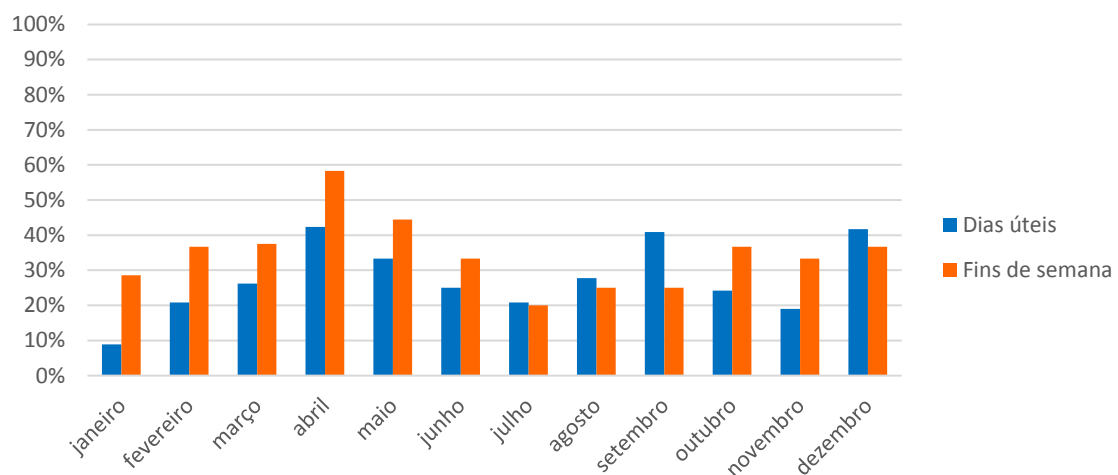


Gráfico 10. Perfil de ocupação das salas do piso -1.

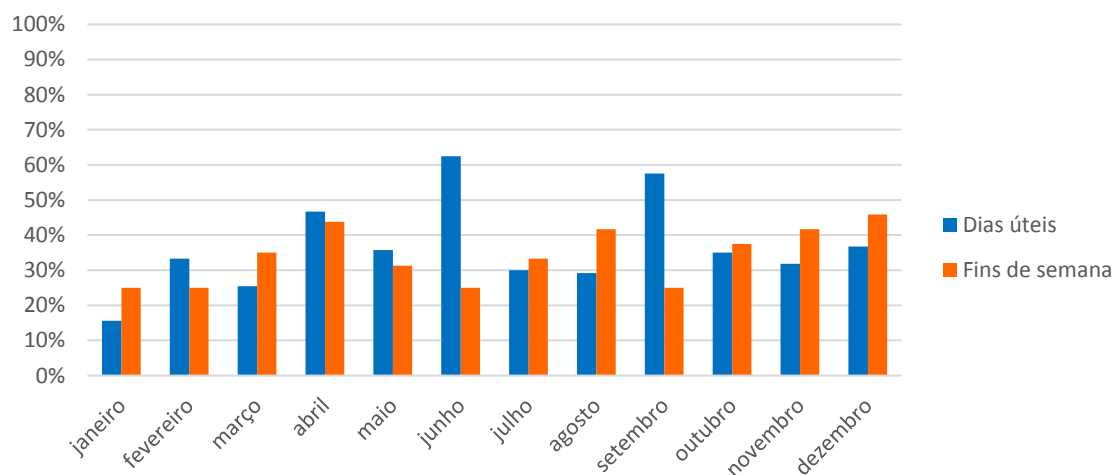


Gráfico 11. Perfil ocupação das salas piso 0.

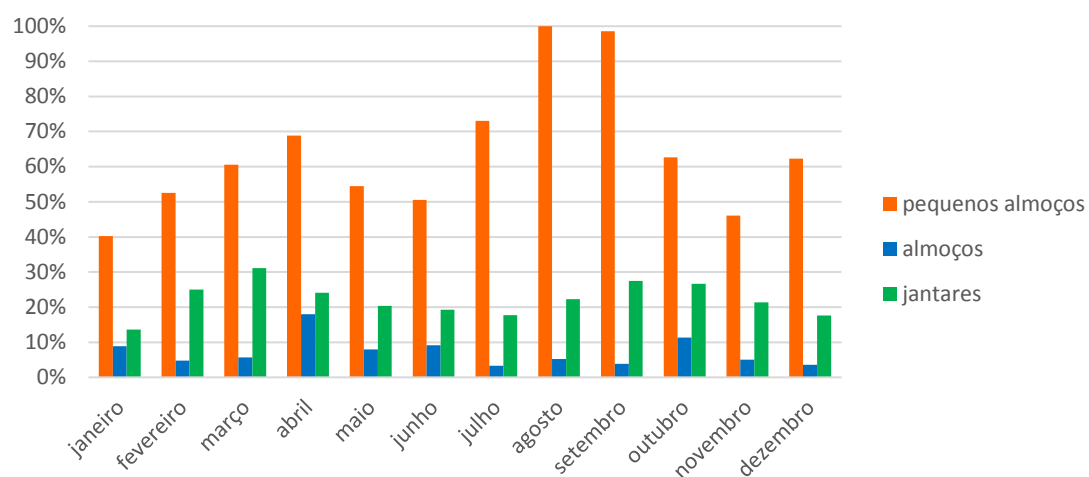


Gráfico 12. Perfil ocupação do restaurante em dias úteis.

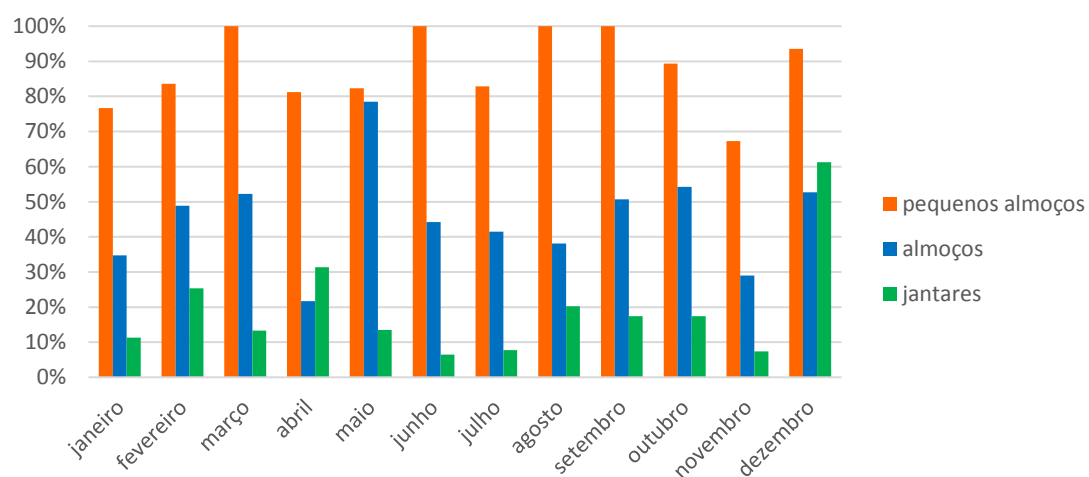
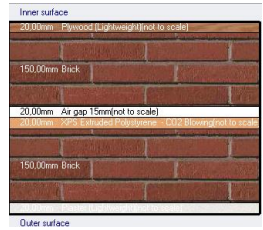
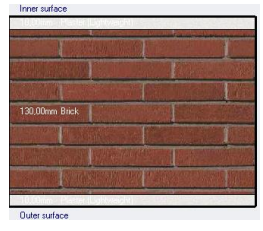




Gráfico 13. Perfil ocupação do restaurante aos fins-de-semana.

Apêndice D – Soluções construtivas

Tabela 68. Soluções construtivas do MVCH com os respectivos coeficientes de transmissão térmica.

Superfície	U [W/m ² K]	Materiais	Solução construtiva
Paredes externas	0,649	Contraplacado madeira Tijolo Caixa-de-ar XPS Tijolo Reboco	
Paredes internas	1,768	Reboco Tijolo Reboco	
Pavimento em contato com o solo	1,124	Betão Tela impermeabilizante Pedra brita	
Cobertura Ala Este	0,533	Contraplacado de madeira XPS Zinco	

A cobertura da ala norte e sul é em painel *sandwich* de poliuretano com 0,05 metros de espessura, com acabamento de cor clara.

Pavimento interior foi considerado com uma espessura de 0,30m e em betão.

Apêndice E - Densidade da iluminação e equipamentos

Tabela 69. Densidade luminosa de cada zona.

Piso	Zona	Densidade [W/m ²]	Horário
-2	Garagem	1,73	24h/dia
	Balneários exteriores	3,62	8:00h – 20:00h Junho a Setembro
	Circulação zona serviço	7,44	6:00h – 23:00h
	Refeitório pessoal	3,29	7:00h – 10:00
			11:00h – 14:00h
			15:00h – 16:00h
			18:00h – 21:00h
	Balneário pessoal	4,35	6h/dia
	Lavandaria	5,14	6:00h – 23:00h
	Controle	3,48	9:00h – 19:00h
	Preparação alimentos	11,48	2h/dia
	Pastelaria	8,51	10:30h – 14:30h
			19:00h – 23:00h
-1	Átrio salas conferência	5,69	24h/dia
	Salas conferência	12,79	Dependendo da ocupação
	Sala Santiago	11,60	Dependendo da ocupação
	Sala Mondego	4,02	24h/dia
	WC	23,48	
	Escadas serviço	27	24h/dia
	Hall piscina	11,80	8:00h – 21:00h
	Balneários	14,51	8:00h – 21:00h
	Ginásio	11,50	8:00h – 21:00h
	Piscina interior	5,83	8:00h – 21:00h
	Salas piso 0	8,35	Dependendo da ocupação
	Sala Santa Lúzia	9,21	Dependendo da ocupação
0	Sala Estrela	4,77	24h/dia
	Backoffice	7,50	6:00h – 23:00h
	Receção	2,09	24h/dia
	Restaurante	0,84	7:00h – 10:30h
			12:00h – 15:00h
			19:30h – 22:30h
	Gabinete diretor	5,23	9:00h – 20:00h
	Cozinha	8,57	6:00 – 23:00h
	Hall entrada e Lobby bar	3,20	24h/dia

Tabela 70. Equipamentos e respetiva densidade, por espaço.

Espaço	Equipamentos	Densidade [W/m²]
Balneários exteriores	Secador de mãos	113,22
Circulação	Câmaras congelação	4,84
Refeitório pessoal	Televisão	62,19
	Máquina de café	
	Micro-ondas	
	Câmara refrigeração	
Lavandaria	Máquina lavar roupa	65,38
	Máquina secar roupa	
	Ferro engomar	
Zona frio	Câmaras congelação	223,46
Despensa	Câmara refrigeração	44,67
Pastelaria	Micro-ondas	913,02
	Câmaras refrigeração	
	Câmaras congelação	
	Batedeira	
	Forno	
Salas conferência	Projetor	1,00
Sala Santiago	Computadores	3,90
WC	Secador de mãos	100,89
Balneários	Secador de mãos	81,13
	Secador de cabelo	
Sala banho turco e sauna	Banho turco Sauna	567,05
Ginásio	Televisões	27,524
	Passadeira	
Sala Estrela	Projetor	4,47
Backoffice	Computadores	15
	Telefones	
	Fotocopiadora	
Cozinha	Micro-ondas	232,85
	Câmara refrigeração	
	Forno	
	Máquina café	
	Moinhos de café	
	Máquina lavar louça	
Hall	Televisão	0,15
Serviço Bar Lobby	Câmara refrigeração	147,79
	Máquina de café	
	Moinho de café	

Tabela 70 (continuação). Equipamentos e respetiva densidade, por espaço.

Espaço	Equipamentos	Densidade [W/m²]
Quartos	Televisão	5
	Telefone	
	Secador cabelo	
<i>Suite</i> presidencial e nupcial	Secador cabelo	5
	Televisão	
	Telefone	
	Máquina café	
Penthouse	Secador cabelo	5
	Televisão	
	Telefone	

Tabela 71. Densidade dos equipamentos a gás da pastelaria e da cozinha.

Espaço	Equipamento	Densidade [W/m²]
Pastelaria	Fogão 6 queimadores	622,10
Cozinha	Fogão 6 queimadores	1033,89
	Forno	
	Panela	
	Fritadeira	
	Grelhador	
	Chapa	
	Banho Maria	

Apêndice F – Aglomeração dos quartos

Tabela 72. Média mensal de quartos vendidos.

Mês	Média mensal de quartos vendidos
Janeiro	34
Fevereiro	49
Março	69
Abril	62
Maio	61
Junho	56
Julho	64
Agosto	114
Setembro	87
Outubro	57
Novembro	52
Dezembro	54

Sabendo o número de quartos vendidos por mês, tabela 73, foi feita uma distribuição dos quartos de modo a proceder à sua aglomeração por alas, resultando na tabela 74. A partir desta tabela é calculada a taxa de ocupação para implementar no *software* ao nível da ocupação, da iluminação e do AVAC.

Tabela 73. Distribuição dos quartos vendidos por piso.

Mês	Piso 2			Piso 3			Piso 4			Piso 5		
	Ala sul	Ala norte	Ala oeste	Ala sul	Ala norte	Ala oeste	Ala sul	Ala norte	Ala oeste	Ala sul	Ala norte	Ala oeste
Janeiro		3	8			8			8			7
Fevereiro		12	8			8		5	8			8
Março		15	8		13	8		9	8			8
Abril		15	8		13	8		10	8			
Maio		15	8		13	8		4	8			5
Junho	2	15	8		13	8			8			2
Julho	8	15	8		13	8			8			4
Agosto	14	15	8	11	13	8	9	10	8	5	11	2
Setembro	14	15	8		13	8	9	10	8			2
Outubro		15	8			8	8	10	8			
Novembro		15	8			8		10	8			3
Dezembro		15	8			8	2	10	8			3

Apêndice G – Densidade da iluminação com a tecnologia LED

Tabela 74. Densidade respectiva de cada espaço a colocar no *software*.

Espaço	Densidade [W/m²]	Espaço	Densidade [W/m²]
Garagem	0,84	Quartos 201 a 210	0,41
Balneários exteriores	0,31	Quartos 211 e 212	0,723
Circulação zona serviço	3,28	Quartos 214 e 215	0,873
Refeitório pessoal	1,54	Quartos 221 a 230	0,140
Balneário pessoal	2,10	Quartos 231 a 233	0,439
Lavandaria	2,33	Quartos 234 e 235	0,877
Controle	0,78	Quartos 241 a 248	0,125
Preparação alimentos	5,37	Circulação piso 2	0,61
Pastelaria	4,02	Quarto 314	1,62
Átrio salas conferência piso -1	0,42	Quartos 334	1,71
Salas conferência piso -1	1,08	Quartos 301 a 320	0,16
Sala Santiago	0,91	Quartos 311 e 312	0,72
Sala Mondego	0,31	Quartos 321 a 329	0,15
WC	1,89	Quartos 331 a 333	0,44
Escadas serviço	13,02	Quartos 341 a 348	0,12
Hall piscina	0,94	Circulação piso 3	0,64
Balneários	1,03	Suite presidencial	0,802
Ginásio	0,89	Suite nupcial	0,833
Piscina interior	0,47	Quartos 401 a 406	0,24
Salas piso 0	0,67	Quartos 411 a 412	0,72
Sala Santa Lúzia	0,70	Quartos 421 a 426	0,24
Sala Estrela	0,94	Quartos 431 a 433	0,44
Backoffice	3,40	Quartos 441 a 448	0,12
Receção	2,09	Circulação piso 4	0,60
Restaurante	0,78	Quartos 511 e 512	0,72
Gabinete diretor	0,45	Quarto 514	1,62
Cozinha	4,13	Quarto 534	1,71
Hall entrada e Lobby bar	0,33	Quartos 501 a 507	0,20
Quartos 101 a 117	0,13	Quartos 521 a 527	0,21
Quartos 111 e 112	0,72	Quartos 531 a 533	0,44
Quartos 114 a 116	0,59	Quartos 541 a 548	0,15
Quartos 121 a 137	0,13	Circulação piso 5	0,59
Quartos 131 a 133	0,44	Quartos 641 a 643	0,45
Quartos 134 a 136	0,56	Quartos 647 a 648	0,69
Quartos 141 a 148	0,12	Circulação piso 6	0,41
Circulação piso 1	0,68		